

14
Kleine Bibliothek Nr. 14

Von Felix Linte

A 98 - 01791

Stuttgarter Ausgabe

S. S. W. Metz Nachf. Stuttgart

20. —

1/18

Kann die Erde untergehen?

Betrachtungen
über die kosmische Stabilität
unseres Erdenlebens

Von Felix Linke

Wölbt sich der Himmel nicht da droben?
Liegt die Erde nicht hier unten fest?



A 98 - 01791



Stuttgart
Verlag von J. H. W. Dietz Nachf. G. m. b. H.
1911

Alle Rechte vorbehalten

Meiner Braut Elisabeth

Felix Linke

Druck von J. G. W. Dietz Nachf. G. m. b. H. Stuttgart

Inhalts-Verzeichnis

	Seite
Vorrede	7
Einleitendes	9
Die kosmischen Gefahren für das Erdenleben	16
Die systematische Verfassung des Weltganzen	16
Der Zusammenstoß von Sternen	22
Ein in das Sonnensystem eindringender Stern	36
Die Funktion der Weltnebel und der kosmischen Staubwolken	42
Das Gezeitenphänomen	50
Die Lunarisierung der Erde	56
Eben auch der festen Erde?	60
Der Weltäther und der Untergang der Erde	79
Die mechanische Stabilität des Sonnensystems	86
Die Kometengefahr	98
Die Sonne und die Dauer des Erdenlebens	116
Namen- und Sachregister	130
Berichtigungen zu des Verfassers Büchlein „Ist die Welt bewohnt?“	134

Vorrede

In wundervollen Tagen des Maienfestes vollende ich das Büchlein hier. Die Sonne kann sich nicht genug tun mit ihrem Segen für die Erde, und unaufhörlich spendet sie ihre Wärme und ihr Licht, dem äußerlich kalten Erdball immerwährend Leben einzulößen und das Bestehende zu erhalten. Sie sacht das Leben zu einer ungeheuren Glut, zu gewaltiger Intensität an, und alle „Kreatur“ wird mit fortgerissen in den Lebens- taumel. Doch drohend steigt das Gespenst der Dürre herauf. Nicht alle sehen es. Die Menschheit ist in zwei Hälften geteilt. Die Großstädter wissen nichts von Dürre und Trockenheit, das Land seufzt und lechzt nach Nässe. In die höchste Lebensent- faltung ragt der Gespenstfinger des Todes drohend herein. Wie aus einer anderen Welt! —

Ja, ist's denn nicht immer so? — Wenn die Lebenslust sich aufs intensivste spannt, wenn sie das Kraftgefühl auf die höch- sten Gipfel steigert: Was ist es anders als die Lat gewordene Sorge um die Erhaltung des Lebens der Art, geschwollen in die luftgewordenen Erhaltungstrieb des Individuums, die es zum Schaffen erregt? So sind Lust und Arbeit auf das engste miteinander verbunden. Wie Tod und Leben. Wer den Keim des Lebens pflanzt, sät auch zugleich den Tod. Das Zeu- gen ist eine Konzeption an den Tod. Soll es darum unter- bleiben? — Wir können es nicht! Wir müssen! Immer und immer wieder geschieht's, ja, solange die Welt existiert, das heißt solange Leben pulsiert. Denn untrennbar von der Welt ist das Leben; wenn auch die Formen wechseln, in die es gegossen.

Und das ist doch das Schöne, das ewige Wechselspiel der Formen, mit ewig demselben wundervollen der Höhe aufstrebenden Inhalt. Wäre nicht Leben und Tod: Wo wäre dann das Leben? Spricht es sich nicht erst voll aus in seinem Gegen- sätze? Ist dieser Gegensatz, diese andere Welt, nicht ein not- wendiges Glied in der Kette des Lebendigen Geschehens?

Diese Erkenntnis muß Allgemeinbesitz werden; überall sollte sie hin verpflanzt werden. Und überall, wo man ihr feindlich entgegentritt, sollte man eifrig für sie kämpfen, denn sie allein gibt dem Menschen die Zuversicht in seine Existenz, die er ver-

langen muß, allein vermöge oder wegen seiner Existenz. Die christliche Lehre stemmt sich ihr entgegen; zugunsten ihrer Jenseitstheorie ließ sie aus modriger Grust das Schreckgebilde des Gespenstergerippes emporsteigen und den antiken Vorstellungskreis von dem Tode als schönem ersten Jüngling, der das Sehnen des Alters nach Ruhe erfüllt, zerstören.

Leben und Tod erkennen wir als die notwendigen Folgen. Aber es bedurfte erst der Grausamkeit der christlichen Kirche, um das ewige Leben in seiner abstoßendsten und ekelerregendsten Schreckgestalt zu erfinden. Das Individuum, dem doch nur ein beschränktes Maß von Energie eingelegt werden kann, kann nicht mehr, als seine Zeit erfüllen. Auch seine Organe entwickeln sich während seines individuellen Lebens, und diese individuelle Entwicklung führt eben von gewisser Zeit an nach abwärts, bis sie fertig ist und die Organe funktionsunfähig sind. Dann verlangt der Körper nach Ruhe. Daher sehnt sich ein arbeitsreiches Leben nach Ruhe und darf sich danach sehnen. Hat es nicht seine Aufgaben erfüllt? — Und darum ist ihm der Tod ein Freund. Die Religionen wollen den Menschen ihr Leben verlängern als Geschenk und Lohn für das Wohlverhalten in ihrem Sinne. Damit geben sie mehr, als jemand verlangen kann. Denn wir erkennen, daß das nicht angeht. Das verbrauchte individuelle Leben muß nach gewisser Zeit, die durch den Lebensprozeß und die Konstitution des Körpers bedingt ist, abtreten und kann es, da ja das sozial Wertvolle jedes Lebens bestehen bleibt. Das Individuum kann beizeiten physisch und ideell seine Wünsche und Aufgaben erfüllen. Was darüber hinausgeht, wird unmöglich, wir erkennen es als unwirklich. Aber die Religion feiert ja das Unwirkliche; sie verheißt Leben nach dem Tode; dabei haßt sie das frische Leben, und dennoch schreckt sie wieder mit dem Tode! Wir feiern das Leben. Tun wir das, und feiern wir das Zeugen als herrlichstes Fest des unausrottbaren Lebens, so werden wir auch den Tod und den Untergang feiern. Wohin in alle Welt wir blicken, ist es so.

Auch die folgenden Betrachtungen sind nicht bloß Selbstzweck. Sie versuchen, im Sinne dieser Worte zu wirken. — Wie ihr Verfasser überhaupt meint, daß darin der Hauptwert vollstümlicher naturwissenschaftlicher Darstellungen beruht.

Einleitendes

Eine der wunderbarsten Blüten der menschlichen Erkenntnis ist das Prinzip der Entwicklung. Es ist die Erkenntnis, die sich jedem Naturfreunde und Naturbeobachter Tag für Tag aufdrängt, doch übertragen ins Größtstilige, ausgedehnt auf das ganze Universum. Aber die schon hervorgehobene Tatsache, daß jedem Körper nur ein beschränktes Maß von Energie eingestößt werden kann, das sich wohl zum Teil, aber nicht ganz wieder aufzufüllen und zu ergänzen vermag, weil das Gefäß in seiner eigenen Abwandlung sie nicht mehr hält, lehrt zur Augenscheinlichkeit, daß dieser Körper in der Abwandlung seiner Energieinhalte, in seinem Leben, an einen Punkt kommen muß, in welchem seine Möglichkeiten und Fähigkeiten erschöpft sind. Dann muß er untergehen. Hat er nicht schon bei Lebzeiten Sorge getragen, daß seine Art sich erhält, sich fortpflanzt, so verschwindet in ihm ein Stück lebendiger Natur seiner Art. Daß das nicht bei jedem Körper geschehe, dafür sind die wunderbarsten Hemmnisse vorhanden, „Vorkehrungen“, die von der Menschheit in dithyrambischem Schwunge stets und stets besungen worden sind und auch an unseren Betrachtungen nicht spurlos vorübergehen konnten. Die wirken! Und so lebt denn eins durch das andere fort.

Kann das Fortleben aber geschehen ohne Veränderungen? Schon daß in der höheren belebten Natur immer zwei Individuen zusammentreten und ihre Eigenschaften zu einem neuer beisteuern, bedingt eine Veränderung. Diese Veränderung kann für den Bestand des Lebens ungünstig sein oder günstig. Das Ungünstige führt die Keime des endgültigen Unterganges in sich, denn es ist das der Art Unzutragliche, es ist das selbstzerstörende Moment. Und dieses kann andauernd nicht wirksam sein, denn sonst wäre die Lebewelt im Laufe der Jahrmillionen schon völlig entartet, ja vielleicht schon völlig untergegangen. Und das ist nicht der Fall. Ja, wir können überall beobachten, daß die Veränderung vorherrschend in der Richtung zum Vollkommeneren geht. Die Menschen werden größer und schöner, sie werden auch kräftiger und widerstandsfähiger. — Was bedeutet das aber anderes, als was wir unter „Entwicklung“ verstehen?

Diese Erkenntnis zeichnet uns klar den Weg vor, den das Werden nimmt und nehmen muß. Das Einzelne blüht auf

und entfaltet sich bis zur höchsten Blüte. Aber es muß untergehen und lebt nur teilweise weiter fort in einer Mischung mit einem anderen Individuum, die selbständig wird und damit einen selbständigen Energieinhalt in sich aufzunehmen vermag. Leben reiht sich an Leben. Damit aber das Vollkommenere die Oberhand gewinne, muß das Unvollkommene sterben; es geht unter. Der Tod ist die Konsequenz des Entwicklungsgebankens. —

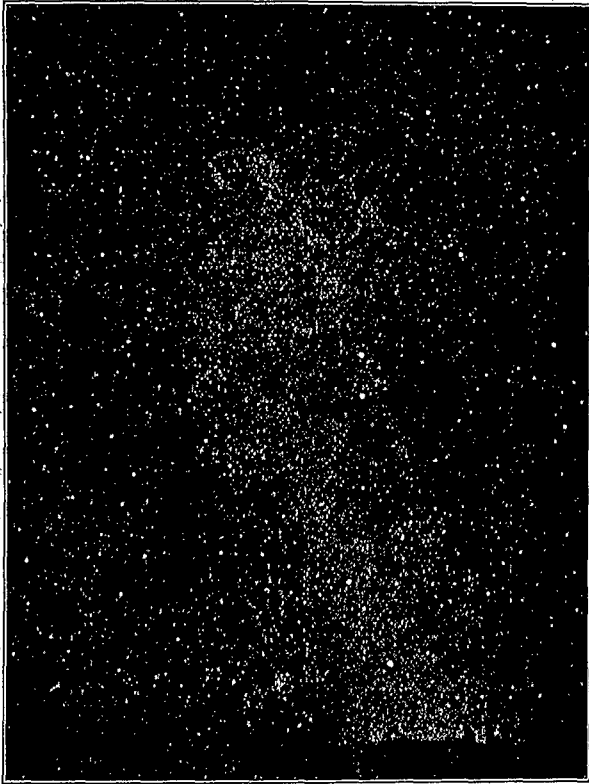
Und dieser Wandel ist nicht allein auf das Lebendige beschränkt. Überall, wo ein Werden zu beobachten ist, zeigt er sich, also auch im Kosmos. Auch da finden wir Werden und Untergang. Und wie wir vom Untergang in Sternräumen durch die Lichtbotchaften Kunde erhalten, so ist auch der Untergang unserer Erde gewiß! — Gewiß? — Ja! Diese Überzeugung werden wir schon aus diesen wenigen Erörterungen gewinnen müssen. Wir nehmen unseren eigentlichen Ausführungen damit schon einiges vorweg, und zwar deshalb, um den Zweiflern, die meinen, es wäre unvernünftig, sich mit dieser Frage zu befassen, gleich das Wasser abzugraben. Die Erde besteht seit ungezählten Jahr-millionen. Warum soll sie überhaupt untergehen? Das mag richtig sein, aber doch nur teilweise. Daß sie untergehen muß, werden unsere Betrachtungen lehren. Wir wollen aber noch mehr wissen. Wie wird sie untergehen? Kann uns die Wissenschaft darauf eine Antwort geben? und: Wann wird sie untergehen?

Es ist doch wohl wert, sich darüber Rechenschaft zu geben, wenn es möglich ist. Auch der reichliche Spott der Sorglosen darf uns davon nicht abhalten. Wir wollen durchaus nicht verkennen, daß dieser Spott zum großen Teil berechtigt ist. Man denke nur an die Vorkommnisse gelegentlich der Erscheinung des Hallenschen Kometen, die nicht nur vor mehreren Jahrhunderten sich ereigneten, sondern die wir alle im „erleuchteten“ zwanzigsten Jahrhundert noch erlebt haben. Wir werden es daher verstehen, wenn wir bei so geistreichen Schriftstellern wie Voltaire und anderen die ärgste Verspottung dieser Weltuntergangsfurcht finden. Ich will nur an einen erinnern, der wohl in weite Kreise gedrungen ist, nämlich Jonathan Swift mit seiner berühmten Satire „Die Reisen des Herrn Lemuel Gulliver“ (1727). Mit erschreckendem Spott erzählt er von seinen fabelhaften „Laputianern“ die komischsten Dinge, zum Beispiel von ihrer Furcht vor dem nahenden Kometen, von ihrer Angst,

die Sonne könnte erkalten und dergleichen mehr. In Wirklichkeit geht sein Spott natürlich gegen die Gelehrten, die sich mit dergleichen Fragen beschäftigen, wobei als Vorwurf die damals in 31 Jahren bevorstehende Wiederkehr des Hallenschen Kometen in den Jahren 1758/59 diente.

Swifts Satire auf die Mathematiker und Astronomen darf aber weniger die speziellen Wissenschaftsfächer treffen, als ihre Durchseuchung mit religiösem Beiwerk. Unter dem Zwange der Religionen und dem Einfluß der von ihr gepflegten metaphysischen Denkweise sind über die Entstehung und den Untergang der Welt und damit im Zusammenhang über die Konstitution der Welt überhaupt die merkwürdigsten Vorstellungen entstanden. Sehen doch manche alle Körper und Weltssysteme als Organismen an, vergleichbar mit unserem menschlichen. So albern das auf den ersten Blick wohl scheinen mag, liegt doch ein durchaus berechtigter Kern darin, der nur in seiner phantastischen Ausweitung so unsinnig wird. Diese Anschauungsweise entspringt dem Bestreben nach Vereinheitlichung unserer Naturauffassung. Gehen wir von menschlichen Verhältnissen aus, so sehen wir, daß sich innerhalb ihrer sozialen Zelle, der Familie, gewissermaßen um ein Zentrum eine ganze Menge anderer Individuen drehen. Eine Familie kann als ein System angesehen werden, das so etwas hat wie einen Zentralpunkt und davon abhängige Glieder. Und schreiten wir in die Räume hinaus, so haben wir dieselbe Erscheinung. Die Erde ist Haupt einer kleinen Familie, von der wir jedoch nur ein Glied sicher kennen, den Mond. Aber es werden wohl noch weitere Glieder da sein, kleine, so klein, daß sie unsichtbar sind. Wir können nicht daran zweifeln, daß die Erde einen ganzen großen Anhang kleiner Körperchen hat, die sie als Meteorströme ebenso umkreisen wie die Scharen von Körpern in den Saturnsringen. Vielleicht ist das Jodakallicht die sichtbare Form, in der uns diese Erdtrabanten in die Erscheinung treten. Gehen wir noch weiter hinaus, so finden wir ganze große Familien um die Planeten. Man denke nur an Jupiter mit seinen acht Monden, oder an Saturn mit deren zehn und den unzähligen mehr oder weniger kleinen Trabantenkörpern in den Ringen. Sind sie nicht alle sichtbare Abbilder des Sonnensystems selbst? Die Sonne hat die größte kosmische Familie, die wir mit Sicherheit als solche seit

langem kennen. Acht große Planeten mit 26 Monden, weit über 600 kleinen Planeten und einer Schar von Kometen und Meteorströmen zählt diese Familie — immer nach unserer noch verbesserungsfähigen und verbesserungsbedürftigen Kenntnis von heute!



1. Bild. Das Zodiakallicht am Abendhimmel
Nach E. S. Froweslot

Aber auch da hat die Analogie noch kein Ende. Das Milchstraßensystem mit seiner ungeheuren Ausdehnung von ungefähr 20 000 Lichtjahren für den großen Durchmesser seiner Sternanhäufungslinse und etwa der halben Dicke repräsentiert sich

uns ebenfalls als eine zusammengehörende und wohl unzertrennbare Familie, bei der es allerdings nicht mehr monarchisch zugeht, sondern angeheuren Zahl und Weite eine demokratische Verfassung Platz gegriffen hat, indem die allgemeine Wirkung aller Körper aufeinander den Zusammenhalt des Systems verbürgt und auch die Bewegung der Riesenmaschine in Gang erhält.

Hier sind wir bislang an der Grenze der Welt. Hinter ihr dehnen sich wohl die Räume noch endlos, aber davon wissen wir nichts, auch nichts davon, was und wie etwas außerhalb derselben ist. — Wie weit wir also auch aufsteigen, immer tritt uns das soziale Moment entgegen, die Familie, oder schon besser gesagt, das Planetensystem als typisches Glied in allen Größenordnungen.

Wir sind bisher nur ins Große gestiegen, wo das Haus sich dehnt und der Raum sich weitet. Verengen wir unseren Kreis und sehen wir da zu, wie sich alles verhält; auf was stoßen wir dann? Wir stoßen auf die mikroskopische kleine Tierwelt und sind erstaunt, in dieser Einzigkeit noch Organismen zu finden, Organismen, die die uns hochkompliziert erscheinenden Lebensphänomene offenbaren. Aber auch die kleinsten und einfachsten ihrer Art stehen noch nicht an der Grenze des Kleinen, denn sie bestehen aus den Molekülen, die in den Formen, welche gerade die lebenden Körper aufbauen, das komplizierteste Gefüge zeigen. Bergegenwärtigen wir uns die Struktur der Eiweißmoleküle, der Bausteine des lebenden Körpers, wie sie sich der Chemiker vorstellt, so erblicken wir wiederum richtige Systeme von Körpern, Gruppen, denen — Bewegung eingehaucht — nichts fehlt, um uns an die Planetensysteme unseres Makrokosmos zu erinnern. In ihnen ist der kleinste Baustein das Atom, jenes nach der Ansicht der Chemiker unteilbare Element, das nun wirklich das Allerkleinste darstellt, was existiert.

In diese Ruhe der endlich erreichten Grenze griffen die Physiker mit rauher Hand ein. Haben sie es nicht fertig gebracht, auch diese vermeintlich kleinsten Teilchen zu zertrümmern? Was sind ihre Elektronen anderes als die aufgespaltenen Atome, die Atome der Atome? Und wollen uns die Physiker — an die Erscheinungen des Lichtes, speziell der Spektralanalyse anknüpfend — nicht lehren, daß die Atome richtige Weltssysteme im kleinen seien, mit mehr Ähnlichkeit mit den großen als die

bloße Analogie? Gerade die weitgehenden Ähnlichkeiten vieler Dinge auch in den extremsten Größenverhältnissen legen es nahe, solche Parallelen zu ziehen. Und die Extreme sind hier ungeheuerlich, denn die Größenordnungen vom Atom zum Milchstraßensystem unterscheiden sich um das Sextillionenfache (eine Sextillion schreibt sich 1 mit 30 Nullen dahinter)!

Aber der Möglichkeiten für die Welt, unterzugehen, sind doch sehr viele und mannigfachster Art. Das wird man erkennen, wenn wir sie werden alle durchgesprochen haben. Aber so stellen wir ja unser Thema gar nicht. Nicht die Frage nach dem Untergange der Welt soll uns beschäftigen, sondern die nach dem Untergange der Erde. Denn die erstere drückt uns gar nicht. Wir wissen, daß die ganze Welt gar nicht untergehen kann. Das ganze Universum kann unmöglich vernichtet werden, zu Nichts werden. Wo soll es denn hin? Es kann sich nur wandeln und in feinen Formen ändern. Aber auch nicht sofort und auf einmal im ganzen. Denn dazu ist es zu groß. Wir kennen keine Möglichkeit, die plötzlich das Ganze erfassen könnte. Denn die Wandlungen, denen die Welt unterliegt, gehen ja aus ihr selbst hervor. Was an der einen Stelle frei wird, kann in weiterem Umkreise zur Wirkung kommen. Es ist die große Errungenschaft der Physik des neunzehnten Jahrhunderts, und Robert Mayer war ihr genialer Schöpfer, lehren zu können, daß nichts in der Welt verloren gehen kann, ebenso wenig wie irgend etwas Gegenständliches aus dem Nichts hervorbringbar ist. Dieses Wissen schließt die Unmöglichkeit des Weltunterganges in sich, und darum stellen wir unser Thema so eng. Wir könnten es auf die anderen Planetenbrüder ausdehnen, ja auf das ganze Sonnensystem; aber das ist nicht einmal nötig. Denn was der Erde blüht, kann auch ihren anderen Geschwistern blühen, und die allgemeinen Fragen führen doch alle so weit, daß sie auch alle die Fragen berühren, die hier austauschen können.

Also: Kann die Erde untergehen? —

Bevor wir uns an die Beantwortung dieser Frage machen, müssen wir uns erst verständigen darüber, was es heißt, „die Erde geht unter“.

Wenn wir schön geborgen zu Hause sitzen und über unserem Dache entläßt sich ein starkes Gewitter, so sagen wir schon, es sei, als ob die Welt unterginge. Trotzdem wissen wir, daß

davon nicht die Rede ist; wir wissen sogar, daß einige hundert Kilometer entfernt das schönste Wetter sein kann. Das meinen wir auch nicht. Wir verstehen unter Untergang auch nicht eine Katastrophe der entsetzlichen Art, wie wir sie alle als Zeitgenossen erlebt haben und als fürchterlichste ihrer Art kennen, das Erdbeben von Messina aus dem Jahre 1908. Wir denken vielmehr an Vorkommnisse, die so gewaltig sind, daß ihr nicht bloß das ganze Menschengeschlecht, sondern auch alles Leben der Erde zum Opfer fallen muß. Was darüber hinausreicht, vielleicht die Zertrümmerung der ganzen Erde oder der Untergang des ganzen Sonnensystems durch kosmische Katastrophen der ungeheuerlichsten Art; das interessiert uns beinahe nicht mehr so sehr wie der Untergang des menschlichen Geschlechts. Aber selbstverständlich unterliegt es unseren Betrachtungen. Denn solche Katastrophen sind möglich und führen eben dadurch zum Untergang des gesamten Lebens auf der Erde.

Diese Erörterungen zeigen schon, daß wir zweckmäßig eine Scheidung eintreten lassen in die Betrachtung der kosmischen Gefahren, die uns drohen, und der irdischen Gefahren, die das Menschengeschlecht treffen können. Kommen wir etwa zu der Überzeugung, daß sehr bald — also in absehbarer Zeit — eine kosmische Katastrophe über uns hereinbricht, die reinen Tisch macht mit allem, was da krecht und fleucht, so wird sich der zweite Teil unserer Betrachtungen erübrigen. Zur Beruhigung der Leser kann ich schon jetzt verraten, daß das nicht der Fall ist, daß also Wilhelm Bölsches rührende Sorge um den guten Wein der Väter und die ungeklärten jungen Mädchen, die schon nach seiner eigentlichen Generation wieder auf der schönen Erde herumlaufen, vorerst — und ich darf wohl sagen glücklicherweise — noch immer gegenstandslos ist.

Es ist leider nicht möglich, den Stoff hier in ein Bändchen hineinzudrängen, wenn seine Behandlung auch nur einigermaßen ausreichend gesehen soll; es beschränkt sich daher auf die Besprechung der kosmischen Gefahren und wird in einem zweiten Bändchen über „Den ewigen Kreislauf des Werdens“ den Rest des Themas ausschöpfen. Damit wird zugleich die Möglichkeit gewonnen, dort dann verwandte Gedanken etwas näher auszuspinnen.

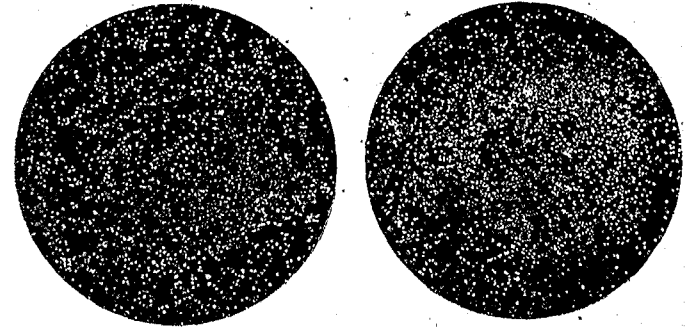
Die kosmischen Gefahren für das Erdenleben

Die systematische Verfassung des Weltganzen

Durchforschen wir den endlosen Weltraum mit einem Fernrohr, so enthüllt sich uns eine ungeahnte Pracht und Fülle von Himmelskörpern. Nicht überall zeigt sich dabei das Firmament von kosmischen Gebilden gleichmäßig übersät. Schon der bloße Augenschein überzeugt uns davon. Denn quer über den Himmel hinweg zieht sich das breite schimmernde Band der Milchstraße. Wandern wir um die ganze Erde herum, stets umgibt uns dieses rätselhafte matte Lichtband. Fernrohr und Spektroskop lehren uns, daß der schimmernde Glanz nichts anderes ist, als das Leuchten unzähliger Sterne, wie unsere Sonne selbst einer ist. Die Sterne sind dort so dicht gesät, daß sie dem bloßen Auge ein fast gleichmäßiges Leuchten vorkäuschen. Mit wachsender Winkelentfernung von der Milchstraße nimmt die Zahl der Sterne ab. Man hat sich lange gefragt, was man von dieser Erscheinung zu halten hat. Der Engländer Wright von Durham kam auf den Gedanken, in dem Ganzen ein System zu erblicken, das in einer ganz bestimmten Verfassung sich befindet. Er sah die Milchstraße als eine linsenförmige Anhäufung von Sternen an, zu der unsere Sonne selbst gehört. Da sie und mit ihr die Erde inmitten dieses Systems stehen, könnten wir von unserem beschränkten Standpunkt aus immer nur in der ungefähren Richtung der Hauptebene der Milchstraße blicken, wenn wir überhaupt zu ihr hinschauen.

Seit jener Zeit hat die Forschung nicht mehr geruht, sich mit dem Milchstraßenproblem zu beschäftigen. Die Untersuchungen sind überaus schwierig. Sie sind desto schwieriger geworden, je mehr Tatsachen man kennen lernte. Wir wissen jetzt, daß alles, was diese Milchstraße ausmacht, alle Körper und Systeme, die zu ihr gehören, sich bewegen. Wir kennen die Bewegungen nur teilweise und mangelhaft, unser Standpunkt

im Weltall hindert uns sehr an der Erforschung der Probleme. Unser sicheres Wissen über den Bau der Milchstraße ist daher noch sehr gering. Was uns die mühevollen Forschungen in dieser Beziehung gebracht haben, läßt sich etwa folgendermaßen zusammenfassen. Der Weltraum ist dort, wo die Milchstraße vorhanden ist, mit Körpern angefüllt, die sich in den verschiedenartigsten Zuständen befinden. Die Milchstraßenanhäufung ist stark abgeplattet kugelförmig (rotationsellipsoidisch) zu denken und von endlicher Ausdehnung. Sie ist zwar ganz ungeheuer groß, hat aber angebbare Grenzen. Die in ihr vorhandenen



Nordhemisphäre

Südhemisphäre

2. Bild. Die Milchstraße
Nach Proctor

Körper kommen in intensiver Verdichtung als heiße und hellglühende Sterne vor, aber auch in schier unendlich feiner Verteilung als kalte Gas- und Staubmassen, als Nebel. Dazwischen sind alle möglichen Abstufungen vorhanden in den verschiedensten Variationen: außen erkaltete dichte Kugeln in höchster Dichte, dichte Massen in verschiedensten Temperaturzuständen und Größen um. Alle diese Massen stehen zueinander in verfassungsmäßiger Beziehung. Genau kennen wir diese nicht, doch wissen wir so viel, daß nicht Regellosigkeit herrscht. Dabei ist die Verteilung der Körper nicht gleichförmig, sondern der Haufen ist die typische Anordnung. Diese Haufen stehen zueinander in lockeren Beziehungen und haben eine Anordnung, die sich als ungeheuer große mehrarmige Spirale ansprechen läßt (man

Stufe, kann die Erde untergehen?

kann sie sich etwa denken wie die hier wiedergegebene Gaston'sche Darstellung). Die heißesten und gasförmigen Sterne stehen hauptsächlich in den entfernteren Teilen der Spirale. Die Sonne steht dem Centrum verhältnismäßig sehr nahe und etwas nördlich der Hauptebene des Milchstraßensystems. Die ihr nahen



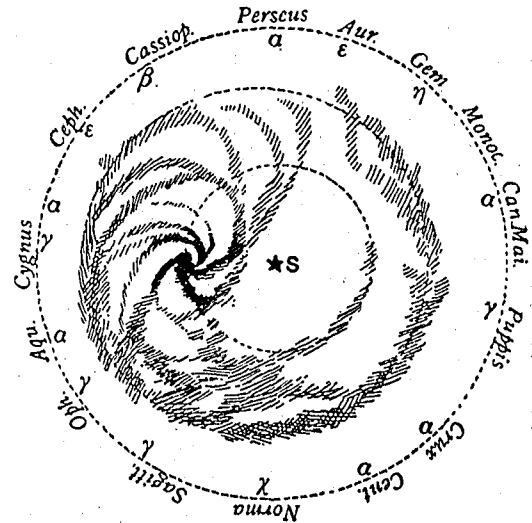
3. Bild. Der Sternhaufen ω im Bilde des
Rentauren
Photographiert von Gill

Band, das sich quer über den Himmel hinwegzieht. Die selbst in verhältnismäßig großer Dichte stehenden Sterne sind voneinander ungeheuer weit entfernt. Da sie jedoch in großer Anzahl und Ausdehnung hintereinanderstehen, so scheinen sie uns dicht gedrängt zu sein. Zweifellos stehen sie dichter als in unseren Gegenden, als die Sterne um die Sonne, die sich in verhältnismäßig sternarmer Gegend befindet.

Sterne haben auch etwa den gleichen physikalischen Zustand. Sie scheinen mit ihr durch ein systematisches Band verbunden zu sein, denn ihre Bewegungen scheinen gleichgerichtet zu sein. Sie bilden höchstwahrscheinlich eine Sternschar, die dieselbe Bewegungsrichtung besitzt wie die Sonne. Diese ist auf einen Punkt in der Milchstraße hin gerichtet.

Wenn wir also auf die Milchstraße hinhlicken, so sehen wir in Richtung der Spirale, wir sehen stets ihren Durchschnit und daher erscheint sie uns als

Bervollkommnungen der astronomischen Meßtechnik haben uns ermöglicht, einige dieser Entfernungen zu bestimmen. Wir wissen jetzt, daß der uns nächste Fixstern die Entfernung von rund 250 000 Sonnenweiten hat. Als „Sonnenweite“ bezeichnet man die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne, und das sind 149 500 000 Kilometer. Setzt man rund 150 000 000 Kilometer,



4. Bild. Die dynamische Form der Milchstraße nach Gaston

so ergibt sich für den uns nächsten Fixstern $37\frac{1}{2}$ Billionen Kilometer. Unser Schätzungs- und Vorstellungsvermögen verschwindet schon bei der Entfernung weniger Kilometer; unter $37\frac{1}{2}$ Billionen Kilometer kann man sich vollends gar nichts mehr vorstellen. Es ist nur eine Zahl, die uns angibt, in welche Größenordnungen wir bei den Fixsternentfernungen geraten. Um diese Entfernung noch etwas anders zu beleuchten und zugleich ein weiteres Maß einzuführen, mit dem man in der Astronomie zu rechnen pflegt, wollen wir die Entfernung der Sterne in sogenannten Lichtjahren ausdrücken.

Wenn irgendwo ein Fünkchen aufblitzt, so sehen wir das im Moment des Aufblitzens. Wir können praktisch davon absehen,

daß wir zur Wahrnehmung einer gewissen kleinen Zeit bedürfen, die von der Reaktionsgeschwindigkeit des einzelnen Menschen abhängt. Und doch sehen wir dieses Fünkchen nicht im Moment seines Erscheinens, sondern etwas später, weil eben auch der Lichtstrahl, der in unser Auge dringt, eine gewisse Zeit braucht, um den Weg vom Funken zu unserem Auge zurückzulegen. In geringer Entfernung ist diese Zeit fast unmeßbar klein. Für größere Entfernungen, wie sie in den Himmelsräumen vorkommen, ist sie meßbar. Messungen nach sinnreichen physikalischen Methoden haben ergeben, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtstrahls in einer Sekunde rund 300 000 Kilometer beträgt. Der Mond ist von der Erde im Mittel 385 000 Kilometer weit. Blickt dort also ein Licht auf, so werden wir es auf der Erde erst nach über einer Sekunde sehen. Die Sonne ist 149 500 000 Kilometer weit von uns entfernt; blickt dort eine Protuberanz auf, so sehen wir sie erst nach 149 500 000 : 300 000 = rund 500 Sekunden oder 8 Minuten.

Bevor das Licht aber von dem uns nächsten Fixsterne — dem Sterne α im Sternbilde des Kentaurus — bis zu unserer Erde gelangt, dauert es Jahre! Denn wenn das Licht in einer Sekunde die Wegstrecke von 300 000 Kilometer zurücklegt, so legt es in einem Jahre, das $365 \times 24 \times 60 \times 60 = 31\,536\,000$ Sekunden hat, $31\,536\,000 \times 300\,000 = 9\,460\,800\,000\,000$, rund $9\frac{1}{2}$ Billionen Kilometer zurück. Der uns nächste Fixstern ist aber $37\frac{1}{2}$ Billionen Kilometer entfernt, also etwa viermal so weit, so daß das Licht von ihm ungefähr vier Jahre unterwegs ist, um zu uns zu gelangen. Würde der Stern jetzt plötzlich erlöschen, so würden wir ihn noch vier Jahre lang sehen, denn erst in vier Jahren würde der letzte von ihm noch ausgesandte Lichtstrahl unser Auge treffen. Die Strecke, welche ein Lichtblick in einem Jahre zu bewältigen vermag, eben jene $9\frac{1}{2}$ Billionen Kilometer, nennt man ein Lichtjahr.

Wir finden nun, daß diese nahen Sterne äußerst selten sind. Nur fünf Sterne sind weniger als 10 Lichtjahre von uns entfernt, 39 Sterne stehen weniger als 50 Lichtjahre von uns ab. — Das ernüchtert! — Die Sterne sind also äußerst dünn gefät im Weltraume. Welche Beziehungen zwischen ihnen bestehen, das festzustellen ist daher eine sehr schwierige Sache. Wenn die der Sonne nahen Sterne mit ihr gemeinsame Bewegungen

vollführen, so herrschen jedenfalls Beziehungen zwischen den Sternen. Aber ihre Entfernung voneinander ist so groß, daß selbst die Bande der allgemeinen Massenanziehung (Gravitation) erlöschen zu sein scheinen.

Was bleibt also noch übrig, womit die Sterne auf die Erde einen Einfluß ausüben könnten und womöglich ihren Untergang herbeizuführen imstande wären?

Die Sterne sind Sonnen wie unsere Sonne. Diese aber sendet uns gewaltige Wärmemengen zu. Müssen das nicht auch die Sterne, die fernem Sonnen, tun? Zweifellos! Wir merken zwar nichts davon, aber das darf auch wohl kaum wundernehmen, sind sie doch so ungeheuer weit von uns entfernt!

Dennoch sind die Wärmemengen, die uns auf diese Weise zustrahlen, meßbar. Die Elektrizitätslehre hat uns gezeigt, wie man sie messen kann. Wird nämlich ein sogenanntes Thermo-element, das der Hauptsache nach aus zwei mit den Enden zusammengelöteten ungleichartigen Metallen besteht, an der Lötstelle erwärmt, so entsteht ein elektrischer Strom. Nun gibt es kaum ein empfindlicheres Instrument, als ein elektromagnetisches Galvanometer, mit dem man Ströme von einer geringfügigkeit messen kann, die geradezu beispiellos ist. Sammeln wir also mit einem Fernrohr recht viele Strahlen eines Sternes, so können wir sie konzentriert auf ein solches Thermo-element wirken lassen und dann aus den Angaben des strommessenden Galvanometers auf die Wärmestrahlung schließen. Solche „bolometrischen“ Messungen hat zuerst Nichols angestellt. Er verglich die Wärmestrahlung mit derjenigen einer strahlenden Kerze. Von einer solchen ist die Wärmestrahlung in einem Meter Abstand so gering, daß man sie nicht mehr zu fühlen vermag. Dennoch ist sie noch riesenhaft gegen die Wärmemengen, die uns die Sterne zusenden. Bezeichnet man diese Menge mit 1, so ist die Strahlung, welche uns der große rote Stern erster Größe Arcturus im Sternbilde des Bootes zusendet — beiläufig die größte von einem Fixsterne der Erde zugesandte Wärmemenge —, nur 11,4 Milliardstel von derjenigen unserer Kerzenstrahlung in 1 Meter Entfernung, und bei dem himmlischen Sterneneinheitslicht, der Wega in der Leier, beträgt sie gar nur 5,1 Milliardstel!

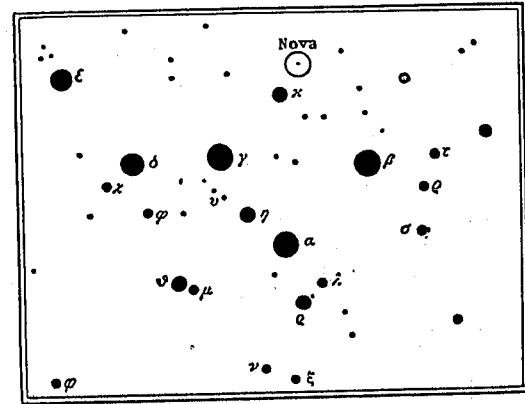
Der Zusammenstoß von Sternen

Durch die Wärme also bestehen Bande zwischen uns und den Sternen, praktisch gesprochen, nicht. Einzig die Lichtstrahlung ist das unseren Sinnen merkbare, das uns mit den fernen Sonnen unseres Sternsystems verknüpft. — Kann das aber der Erde den Untergang bringen? Jeder steht ein, daß das ausgeschlossen ist. Von den Sternen also haben wir wenig zu fürchten. Die unvorstellbar großen Entfernungen sind es, die uns schützen und die als wirksame Vorbeugemittel die einzelnen Körper voneinander trennen.

Wie aber, wenn diese Entfernungen schwinden? Vielleicht können sich die Sterne einander nähern und vielleicht dringt gar einmal ein anderer Stern gegen die Sonne vor? — Wir wissen ja, daß sich alles bewegt, daß kein Stern ruht, auf festem Orte steht. Alle die Hunderte von Millionen leuchtender Sterne, die uns die Teleskope zeigen, bewegen sich. Bisher haben wir in diesen Bewegungen noch keine feste Regel erkennen können, alles scheint sich durcheinander zu bewegen. Man denke sich nun den Fall, daß von diesen Sternen einige aneinander geraten, auf die Sonne angewandt. Dann ist es natürlich mit unserem Erdenleben aus. Wird uns die Sonne genommen, so sind wir bankrott. Und ein Zusammenstoß der Sonne mit einem anderen Stern entzieht uns die Sonne, oder wir bekommen eine größere Sonne, deren gewaltige Strahlung wir nicht ertragen können, oder die ganze Herrlichkeit mitsamt der Erde und den anderen Planeten löst sich in einen gewaltigen Nebel auf.

Ist es nun wahrscheinlich, daß dieser Fall eintritt? Bei den ungeheuren Geschwindigkeiten, die wir an den Sternen beobachten, die bis in die Hunderte von Kilometern in jeder einzigen Sekunde gehen, kann ein solcher Fall sehr wohl eintreten. Er tritt auch mitunter ein. Das plötzliche Aufleuchten neuer Sterne belehrt uns, daß an jenen Stellen des Himmels eine solche Katastrophe eingetreten ist. Oft kennt man an diesen Stellen vor dem Aufblitzen keine Sterne. Erloschene Sonnen oder nur noch ganz schwach leuchtende haben sich da miteinander vereinigt. Und der Zusammenstoß macht eine so ungeheure Menge Wärme frei, daß sich die ganze Masse zur Weißglut erhitzt.

Das Aufleuchten neuer Sterne ist nicht selten. Wir haben vor kaum einem Jahrzehnt ja einen solchen Fall erlebt, und zwar den zweitauffallendsten, den die historische Zeit zu melden weiß. Als staunenerregendste Begebenheit ist aber der Tychonische Stern das hervorragendste Ereignis aus dem Kapitel der „Neuen Sterne“. Am 6. November 1572 bemerkte Schuler in Wittenberg im Sternbilde der Cassiopeja einen Stern, der zuvor dort nicht gewesen war, und fünf Tage später sah ihn der berühmte Astronom Tycho de Brahe. Der Stern übertraf alle Sterne



5. Bild. Lage des Tychonischen Sternes von 1572
Nova Cassiopeja

an Glanz und kam der Venus zur Zeit ihrer größten Helligkeit gleich. Es war daher möglich, ihn selbst am hellen Tage zur Mittagszeit mit bloßem Auge zu sehen. Tycho glaubte zuerst an eine Selbsttäuschung und fragte nicht nur alle seine Leute und Arbeiter, sondern selbst die vorbeireisenden Fremden, ob auch sie den Stern deutlich sähen, solchen merkwürdigen und gewaltigen Eindruck machte die Erscheinung auf den berühmten Mann. Wir können froh sein, daß das Ereignis einen Beobachter von dem Range eines Tycho fand. Wir verdanken diesem eine genaue Verfolgung und Beschreibung der merkwürdigen Begebenheit und sind daher so vorzüglich darüber orientiert, wie wir's nur sein können. Der neue Stern erhielt seinen un-

gewöhnlichen Glanz einige Wochen lang, ließ dann aber in der Leuchtkraft nach. Vier Monate nach seiner Erscheinung war er zur Helligkeit eines Sternes erster Größe herabgesunken. Im Mai 1573 war die Helligkeit des Sternes um eine Größenklasse weiter gesunken und im November, also ein Jahr nach seinem Aufflammen, war er kaum noch zu erkennen. März 1574 waren auch die geringsten Spuren verschwunden. Man besaß ja damals noch keine Fernrohre, sondern konnte nur erkennen, was das bloße Auge zeigte, sonst hätte man den Stern noch länger verfolgen können. Beachtenswert ist, daß auch die Farbe des Sternes wesentliche Veränderungen durchmachte. Zur Zeit seines größten Glanzes war der Stern blendend weiß. Während seines Ablassens durchlief er die Farben gelb und rot, wobei die Nuancen immer dunklere Tönung erfuhren.

Natürlich haben wir nachgesehen, ob sich jetzt noch an der Stelle des Tychonischen Sternes ein Himmelskörper befindet. Wir leiden dabei unter der Ungenauigkeit der damaligen Beobachtungen. So sorgfältig und vorzüglich Tycho auch beobachtete — er war ja einer der besten Beobachter aller Zeiten —, reichten doch seine Hilfsmittel nicht aus, um uns diejenige Genauigkeit übermitteln zu können, deren wir zur Entscheidung der Frage bedürfen, ob das Sternchen erster Größe, das wir jetzt in der Nähe des Ortes des Tychonischen Sternes suchen, das ehemalige helle Objekt war, welches in damaliger Zeit so viel Aufsehen erregt hatte. Wir müssen ja bedenken, daß sich alles bewegt, daß also auch der Tychonische Stern sich von seinem Orte fortbewegt hat.

Der Tychonische Stern ist der Typus der neuen Sterne. Plötzliches Aufflammen und langsames Erblaffen, oftmals unterbrochen durch erneutes schwächeres Aufflammen; die helle weiße Farbe geht in gelb und rot über, wie die Sonne, wenn man sie vom Zenith bis zum Horizont verfolgt, nur daß das völlige Erblaffen bei den neuen Sternen länger zu beobachten ist. Deshalb haben wir ihn genauer beschrieben. Denn neue Sterne sind schon früher aufgeleuchtet. Die chinesischen Annalen geben uns Kunde davon. Allerdings müssen alle die früheren Nachrichten, namentlich auch die aus dem christlichen Mittelalter, mit großer Vorsicht aufgenommen werden. Die neuen Sterne sind wahrscheinlich oft auch mit Kometenerscheinungen verwechselt

worden. Von den einigermaßen sicheren Erscheinungen neuer Sterne ist der zwischen β und ρ im Sternbilde des Skorpion im Jahre 134 vor Christus der zuerst festgelegte. Ma-Tuan-Yin verzeichnet ihn in seinen Geschichtsbüchern. Dieser Stern hat nach Plinius' Erzählung Hipparchos veranlaßt, ein Sternverzeichnis herzustellen, um dadurch ermitteln zu können, ob das Erscheinen neuer Sterne eine häufigere Erscheinung sei. Ma-Tuan-Yin verzeichnet im ganzen acht neue Sterne, und zwar außer dem genannten aus den Jahren 123, 173, 386, 393, 1011, 1203 und 1230 nach Christus. Sie sind auch durch Ortsangaben näher bestimmt.

Westeuropa berichtet mit Sicherheit nur von zwei neuen Sternen, einem wahrscheinlich aus dem Jahre 827, der im Skorpion erschien, und einem anderen von 1245 im Steinbock. Seit dem Tychonischen Stern steht der Himmel unter besserer Kontrolle, und wir wissen nun, daß die neuen Sterne häufigere Erscheinungen sind, als wir bisher angenommen haben. Wir zählen seit dem Tychonischen Stern schon an 20 neue Sterne. In der folgenden kleinen Übersicht sind die Daten bis zum Jahre 1905 zusammengetragen.

	Sternname	Jahr der Erscheinung	Name des Entdeckers
1.	B in der Cassiopeja	1572	Tycho Brahe
2.	P im Schwan	1600	Janson
3.	Nova im Schlangenträger	1604	Brunowski
4.	11 im Fuchsen	1670	Anthelm
5.	Nova im Schlangenträger	1848	Hind
6.	T im Skorpion	1860	Muwers
7.	T in der Krone	1866	Birmingham
8.	Q im Schwan	1876	Schmidt
9.	S in der Andromeda	1885	Gartwig
10.	V im Perseus	1887	Fleming
11.	T im Fuhrmann	1891	Anderson
12.	R im Winkelmaß	1893	Fleming
13.	RS im Schiff Argo	1895	=
14.	Z im Kentauren	1895	=
15.	Nova im Schützen	1898	=
16.	Nova im Adler	1899	=
17.	Nova im Perseus	1901	Anderson
18.	Nova in den Zwillingen	1903	Turner
19.	Nova im Adler Nr. 2	1905	Fleming

Die Sternnamen werden bezeichnet durch Buchstaben (griechische oder lateinische) oder Zahlen oder beides, die dem Sternbildernamen vorgesetzt werden, in welchem die Sterne stehen, zum Beispiel Stern B im Sternbilde der Cassiopeja usw.

Von diesen Erscheinungen sind für unsere Zwecke einige ganz interessant. Der neue Stern vom Jahre 1604, mit dem sich Kepler lange und eingehend beschäftigt hat, so daß man ihn oft mit seinem Namen belegt, erreichte die Helligkeit eines Sternes erster Größe; er verschwand nach 16 Monaten wieder spurlos. Bemerkenswert ist dann die lange Pause von 1670 bis 1848, bis zur Hindschen Nova (eigentlich nova stella = neuer Stern) im Dphiuchus-Sternbilde, während sich dann die Entdeckungen immer mehr häuften. Nicht alle waren mehr mit bloßem Auge wahrnehmbar. Den ersten teleskopischen, das heißt nur noch mit dem Fernrohre sichtbaren, entdeckte Luwers am 21. Mai 1860 im Skorpion; dieser Stern wurde niemals heller als 7. Größe. Aber erst nach diesem beginnt die eigentlich fruchtbare Zeit, nicht nur der Zahl nach, sondern vor allen Dingen auch wegen der Möglichkeit, diesen Erscheinungen mit den geeigneten Hilfsmitteln auf den Leib zu rücken. Denn nun trat auch das Spektroskop in den Dienst der Wissenschaft. Der neue Stern im Schwan von 1876 hat in dieser Hinsicht erstmals viel Material erbracht. Vogels Spektralbeobachtungen ergaben zuerst ein kontinuierliches Spektrum, das heißt ein zusammenhängendes Farbenband, wie es glühende feste oder flüssige Körper zeigen, das später immer mehr in dasjenige der Nebelspektren überging. Glühende Gase, wie wir sie aus den höchsten Schichten der Sonnenatmosphäre kennen, müssen uns also das Licht zugesandt haben.

Alle die genauer untersuchten Erscheinungen neuer Sterne haben ein voneinander abweichendes Verhalten gezeigt, und damit den Astronomen viele Rätsel aufgegeben. Besonders der neue Stern im Fuhrmann aus dem Jahre 1891 war darin reich. Dieser Stern wuchs verhältnismäßig sehr langsam zur größten Helligkeit an; um von 8. bis zur 5. Größe anzusteigen, waren acht Tage nötig. Auch der Helligkeitsabfall verlief zuerst sehr langsam, während er dann sehr schnell erfolgte. Der Stern war schon ganz verschwunden, als man vier Monate später an seiner Stelle einen Nebel fand, der einen etwa 3 Bogen-

sekunden im Durchmesser haltenden Kern hatte, welcher von einem großen verschwommenen Nebelschein umgeben war, der eine halbe Bogenminute im Durchmesser hielt.*

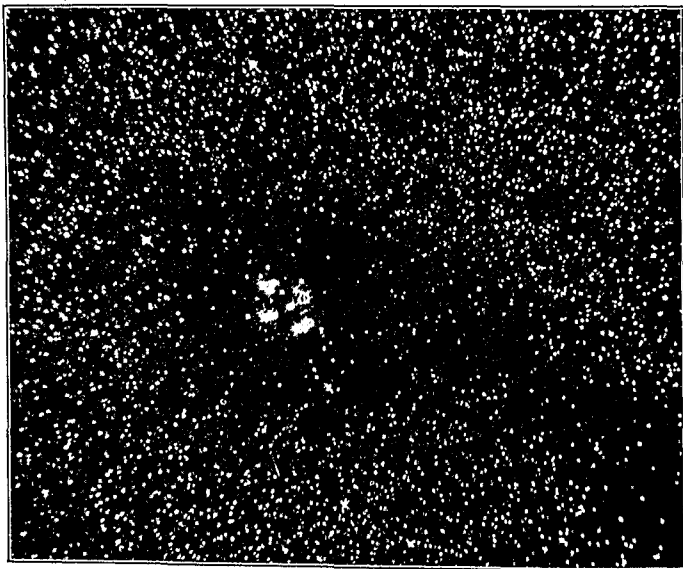
Der neue Stern war zu einem Nebel, einem echten Gasnebel geworden. Die mannigfachen Beobachtungen forderten geradezu zu Deutungen der merkwürdigen Erscheinung heraus. G. C. Vogel, damals Direktor des Königlich Preussischen Astrophysikalischen Observatoriums in Potsdam, glaubte, daß ein großer dunkler Stern in ein Sonnensystem eingedrungen sei, der zwar nicht den Zentralstern getroffen habe, wohl aber durch seine starken Anziehungswirkungen dessen glühendes Innere zu gewaltigen Ausbrüchen durch die feste Kruste veranlaßt habe. Das soll das mehrmals erfolgte Aufklaffern erklären. Auch der eingedrungene Körper muß in Blut geraten sein. Seeliger, Direktor der Münchener Sternwarte, glaubt jedoch eher an das Eindringen eines großen Sternes in eine dunkle Nebelmasse. Wahrscheinlicher erscheint das jedenfalls insofern, als die Nebel ja viel größer sind und viel leichter von den wandernden Sternen getroffen werden können. Zudem beweisen uns die Beobachtungen Wolfs in Heidelberg, daß solche Fälle häufiger sind. Das Beispiel des Kokonnebels ist besonders durch Arrhenius** bekannt geworden. Man hätte sich das so vorzustellen, daß der in den Nebel einwandernde Körper die Nebelpartikeln zu sich heranzieht, die mit wachsender Beschleunigung auf ihn zuströmen und sich dann um ihn sammeln. Diese Massen sind ins Glühende geraten und gaben dem Ganzen den Charakter eines Nebels.

Weitere Beleuchtung erfuhren diese Theorien durch die Erscheinungen an der Nova Persei, der bisher bestbeobachteten

* Zur Erläuterung sei hier bemerkt, daß man zur Winkelmessung, die ja bei den Astronomen eine große Rolle spielt, den Kreisumfang in gleiche Teile einteilt. Die größten dieser Teile sind die Bogengrade. 360 davon gehen auf den ganzen Kreisumfang. Dieses Maß ist jedoch für so feine Messungen, wie sie die Astronomen machen, viel zu groß. Man teilt deshalb jeden Bogengrad nochmals in 60 Bogenminuten. Aber auch eine Bogenminute ist noch lange nicht fein genug, und man greift weiter zur Teilung: 60 Bogensekunden machen wieder eine Bogenminute aus. Es sind also (gleich die Schriftsetzer für Grad °, Minute ' und Sekunde " eingeführt): Kreisumfang = $360^\circ = 360 \times 60 = 21\,600' = 21\,600 \times 60 = 1\,296\,000''$.

** Siehe Eintr., Ist die Welt bewohnt? Seite 104.

Erscheinung eines neuen Sternes. Am frühen Morgen des 22. Februar 1901 (um 2 Uhr nachts) bemerkte Anderson, ein schottischer Geistlicher, der sich als Amateurastronom bei der Entdeckung des neuen Sternes im Fuhrmann zehn Jahre zuvor schon bekannt und verdient gemacht, im Sternbilde des Perseus einen Stern 2,7. Größe,* der früher dort nicht gestanden hat.



6. Bild. Der Kokonnel im Schwan
Photographiert von Wolf in Heidelberg (8 Stunden belichtet)

Hartig in Bamberg hat diese Gegend wenige Stunden zuvor beobachtet und erklärt es für ausgeschlossen, daß er einen Stern 3. Größe übersehen haben könne. Eine photographische Auf-

* Die Helligkeit der Sterne bezeichnet man durch „Größen“angabe. Am hellsten sind die Sterne 1. Größe, zum Beispiel die Vega in der Leyer, dann folgen die 2., zum Beispiel die hellen Sterne des leuchtenden W der Cassiopeja, die die beiden letzten Schriftzüge des W bilden, während die anderen beiden, welche den ersten Schriftzug bilden, 3. Größe sind. Sterne bis zur 6. Größe kann man bei klarem Himmel auf freier Ebene (nicht in der Stadt) mit bloßem Auge sehen. Die Astronomen unterscheiden auch noch Zwischen-

nahme, die Stanley-Williams einen Tag zuvor gemacht hatte, zeigte von dem Sterne ebenfalls keine Spur, obwohl die dreiviertelstündige Belichtung seiner photographischen Platte Sterne bis zur 12,5. Größe verzeichnet hatte. Auch die zwei Tage zuvor auf der Harvardsternwarte gemachten Aufnahmen beweisen, daß von dem Sterne keine Spur zu sehen war. Innerhalb weniger Stunden also war der Stern entstanden und von nicht einmal teleskopischer Größe zu großer Helligkeit angewachsen. Aber der Stern wurde noch heller und übertraf am 23. Februar sogar die Helligkeit der Capella (im Fuhrmann), so daß er der dritthellste Stern am ganzen Himmel war. Damit hatte er die hellste Erscheinung einer Nova seit Keplers Zeiten erreicht; nur der Tychonische Stern hat ihn übertroffen.

Nur „Stunden“ blieb die Nova so hell; der 25. Februar sah ihn bei uns als Stern 1. Größe, der 27. desselben Monats 2., der 6. März 3. und der 18. März 4. Größe. Vom 18. bis 19. März verlor er plötzlich eine ganze Größenklasse an Helligkeit, wuchs aber am selben Tage wieder um anderthalb Größenklassen an und schwankte in dieser Art beständig in seiner Helligkeit hin und her, wobei die Perioden zuerst drei, später fünf Tage betragen. Bis zum Juni blieben diese Helligkeitsschwankungen bestehen; dann flammte der Stern noch einmal bis zur 4,6. Größenklasse auf und erblühte sodann. Im Oktober 1901 war er nur noch 7., April 1902 9., Dezember 1902 war er zur 10. Größe hinabgesunken. Als Wolf in Heidelberg im Jahre 1908 Aufnahmen des Ortes der Nova Persei machte, zeigten sich keine Spuren mehr von den ehemaligen Nebelmassen, obwohl die Platten meist Sterne mit Lichtdruckgeschwindigkeit durch den Weltraum.

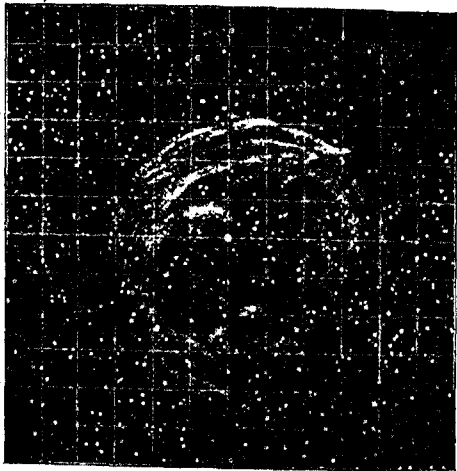
Aber nicht bloß die Helligkeit, sondern auch die Farbe der Nova war bedeutsamen Veränderungen unterworfen. Zur Zeit der Entdeckung war sie bläulich weiß. Mit abnehmender Helligkeit wurde der Stern gelb und rot. Während der Helligkeitsschwankungen war er jedesmal weißgelb, wenn er heller, rot, wenn er dunkler war. Später wurde der Stern dann wieder schmutzig-weiß.

stufen wie oben zum Beispiel 2,7. Größe usw. Je größer die Zahl für die Größenangabe, desto geringer die Helligkeit. Unsere besten Teleskope lassen Sterne bis zur 18. und 19. Größenklasse erkennen.

Der Nebel um

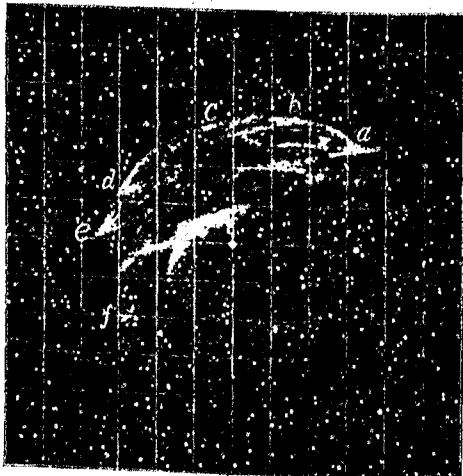
Photographiert von Ritchey

7. Bild



20. September 1901

8. Bild



13. September 1901

Unter den fleißigen Beobachtern befand sich auch Professor Wolf in Heidelberg. Als er am 23. August 1901 die Nova photographiert hatte, bemerkte er, daß den

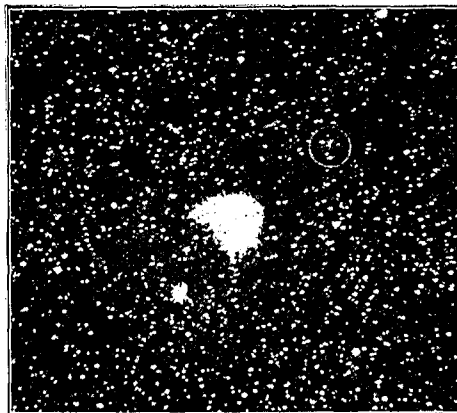
Stern nebelige Massen umgeben. Auch Ritchey photographierte die Nova am 20. September und fand ausgedehnte Nebelmassen, die den Stern spiralförmig und konzentrisch umgaben. Spätere Photographien zeigten, daß die Massen sich weiter ausgebreitet hatten, innerhalb von sechs Wochen um eine volle Bogenminute. Das war um so erstaunlicher, als man ungefähr feststellen konnte, mit welcher

Geschwindigkeit das geschehen sein mußte. Die Parallaxe der Nova konnte zu 0,03 Bogensekunden festgestellt werden, das heißt von der Nova aus ge-

Nova Persei

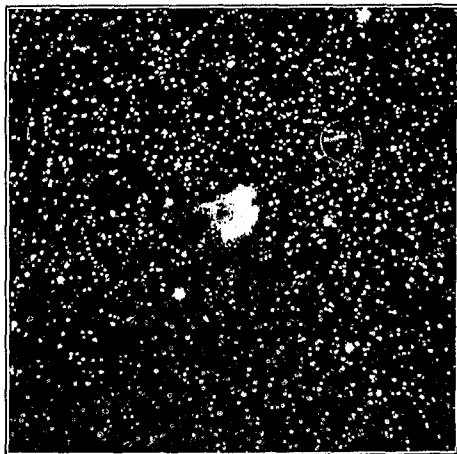
Aufnahmen der Sternwarte

9. Bild



7. und 8. November 1901

10. Bild



31. Januar und 2. Februar 1902

sehen, erscheint die Entfernung Sonne — Erde unter dem genannten Winkel. Man konnte daraus auf die Entfernung des Objektes schließen und die Geschwindigkeit der Ausbreitung der Nebel berechnen. Es ergab sich, daß sie ungefähr mit Lichtgeschwindigkeit erfolgt sein mußte. Seeliger meinte, die Erscheinung sei nicht als wirkliche aufzufassen, weil sich Massen nicht mit Lichtgeschwindigkeit durch den Raum fortpflanzen. Er erklärte das vielmehr so, daß das Licht der aufleuchtenden Nova sich an den ungleich dichten Schichten einer sie umgebenden kosmischen Staubwolke reflektiert. Infolgedessen werden wechselnde Schichten derselben von dem Lichte getroffen und erscheinen für uns als

neue Nebelmassen, in demselben Maße, wie sich das Licht durch sie hindurch fortpflanzt.

Diese Erklärung ist aber nicht stichhaltig, denn wie wäre es zu erklären, daß sich dann die Gestalt der fortschreitenden Nebelmassen erhält? Unsere beiden Bilder 7 und 8 zeigen ganz deutlich, daß zum Beispiel die Nase oben rechts dieselbe ist, daß sie sich also wirklich fortgepflanzt haben muß. Wie weit, kann man an den Sternen leicht erkennen. Auf dem 7. Bilde steckt sie die Spitze zwischen drei Sterne hindurch, von denen der eine oberhalb, die beiden anderen unterhalb stehen. Auf dem 8. Bilde ist sie vollständig zwischen ihnen hindurch; es müssen sich also wirkliche Massen dort fortgepflanzt haben. Die Geschwindigkeit entspricht etwa der Lichtgeschwindigkeit. Wie das möglich ist, wissen wir seit dem Erscheinen von Archenius' berühmten Arbeiten. Höchstwahrscheinlich hat die Nova durch ihren starken Strahlungsdruck (siehe Seite 103) bei ihrem hellen Ausleuchten eine Menge Staubmassen in den Raum hinausgestoßen, die sich nun ungefähr konzentrisch ausbreiteten und dabei Geschwindigkeiten erlangten, welche an die Lichtgeschwindigkeit heranreichen. Wir kennen ja ähnliche Vorgänge von den Kometen her und die Schweifererscheinungen sind in dieser Weise allgemein als im Prinzip erklärt angenommen. Bei der Betrachtung der Bilder möge man bedenken, daß die Linien des Netzes einen Abstand von je zwei Bogenminuten besitzen. In jener Entfernung bedeutet das nichts mehr und nichts weniger, als daß 4600 Sonnenentfernungen (Sonne—Erde) darin Platz haben, wenn man sie aneinander reiht! Das ist etwa ein Lichtmonat! (Um von einem Strich bis zum anderen zu laufen, braucht ein Lichtstrahl einen Monat Zeit!)

Das Ausleuchten neuer Sterne hat uns etwas eingehender beschäftigt. Wir kennen jedenfalls schon eine ganze Reihe solcher Erscheinungen und es steht außer Zweifel, daß sorgfältigere Durchforschung des Himmels uns solche Vorkommnisse noch des öfteren offenbaren wird. Soviel ist aus unseren Ausführungen aber klar geworden, daß jene Ereignisse einen katastrophalen Charakter tragen. Die wahrscheinlichste Annahme ist, daß Sterne oder Sternsysteme zusammenstoßen und dabei in Gas und Staub aufgehen, in wahrstem Sinne des Wortes explodieren. Wir werden uns in der Fortsetzung der Betrachtungen dieses Bildchens in einem anderen „Der ewige Kreislauf des Werdens“

noch etwas näher damit beschäftigen und mit wenigen Strichen den weiteren Gang der Ereignisse zeichnen.

Wenden wir das Ergebnis unserer Betrachtungen auf unser Problem an. Zusammenstöße von Sternen können erfolgen. Wir sehen aber, daß die ungeheure Entfernung von uns keine Einflüsse zu äußern vermag, die uns gefährlich sein könnten.

Werden uns aber die Zusammenstöße ferner Sterne nicht gefährlich, so vielleicht der Zusammenstoß eines Sternes mit der Sonne oder mit der Erde selbst? — Wir wissen ja, daß alles sich im Raume bewegt, daß es nirgends Ruhe gibt. Ist also die Gefahr des Zusammenstoßes, so gering sie wegen der ungeheuren Entfernungen der einzelnen Sterne voneinander auch erscheint, nicht dennoch in absehbarer Zeit zu erwarten?

Solche Gefahr ist jedenfalls vorhanden, mag man die Zeit auch noch so lange hinausschieben. Wie groß ist also diese Gefahr? — Das kann man ganz gut in Zahlen fassen. Rechnen wir einmal aus, wann die Sonne mit dem uns nächsten Stern zusammenstoßen würde, wenn sie direkt auf ihn zuelte. Alpha Kentauri ist von uns $37\frac{1}{2}$ Billionen Kilometer entfernt. Die Sonne eilt in der Sekunde 20 Kilometer weiter, würde diesen Stern also in $375000000000 : 20 = 1875000000000$ Sekunden erreicht haben. Ein Jahr hat rund 31,6 Millionen Sekunden, also würde die Sonne nach $187500000000 : 31536000 =$ rund 60000 Jahren mit Alpha Kentauri zusammenstoßen.

Die Sonne eilt aber gar nicht auf diesen Stern zu. Wir wissen auch nicht, ob sie genau auf irgendeinen Stern hineilt. Wenn wir daher ausrechnen wollen, wann sie wohl wahrscheinlich mit einem anderen Sterne zusammenstoßen würde, so müssen wir uns auf Durchschnittswerte verlassen. Archenius hat eine solche Rechnung ausgeführt und gefunden, daß der wahrscheinliche Zusammenstoß der Sonne mit einem leuchtenden Stern in etwa 100000 Billionen Jahren zu erwarten steht. Da es nun aber viel mehr erloschene Sterne gibt als leuchtende — Archenius rechnet 100mal so viel —, so vermindert sich diese Zeit auf ein Hundertstel, und das sind 1000 Billionen Jahre. Dieser Zeitraum ist aber so ungeheuer groß, daß wir nicht mit ihm zu rechnen brauchen, denn so lange leuchtet unsere Sonne gar nicht. Sie verliert schon lange vorher ihre Strahlung und entzieht uns damit die Lebensbedingungen.

Die Arrhenius'sche Berechnung beruht auf der Annahme, daß die Bewegungen der Sterne völlig unregelmäßig erfolgen, daß sie sich bewegen wie die kleinsten Teile (Moleküle) eines Gases, die nach der „kinetischen Wärmetheorie“ immerwährend und völlig regellos hin und her schwirren, sich aneinander stoßen, auseinander fliegen, wieder mit anderen zusammentreffen usw. bis in alle erdenkliche und endlose Zeit. Ebenso regellos sollen sich auch die Sonnen im Raume bewegen, nur daß die Verhältnisse in andere Größenordnungen versetzt, daß sie ungeheuer vergrößert sind (siehe unsere Einleitung Seite 13). Diese Vergrößerung erfolgt dabei allerdings nicht für alle Faktoren in gleichem Maße, denn die Geschwindigkeit der Moleküle, die man sich als unsichtbar winzige Kügelchen vorzustellen hat, ist immerhin sehr groß. Bei gewöhnlicher Temperatur beträgt sie zum Beispiel für Wasserstoffgas rund 1900 Meter in der Sekunde, wächst mit steigender Temperatur sehr stark, sinkt andererseits mit abnehmender Temperatur. Allerdings ist Wasserstoffgas das Gas mit größter Molekulargeschwindigkeit; Sauerstoffgasmoleküle zum Beispiel schießen nur ein Viertel so schnell durcheinander. Doch alle diese Geschwindigkeiten sind immerhin noch sehr groß. Die Moleküle stehen sich allerdings außerordentlich nahe, so daß sie bei der großen Geschwindigkeit sehr schnell miteinander zusammenstoßen müssen. Dennoch ist aber der Weg von einem Molekül zum anderen gegen die Größe des Moleküls noch groß. Das mag unser Beispiel mit dem Wasser- und dem Sauerstoffgas erläutern. Nach Maxwells Berechnungen ergibt sich folgende kleine Tabelle:

	Wasserstoff- gas	Sauerstoff- gas
Mittlere Geschwindigkeit der Moleküle in Metern pro Sekunde	1859	465
Mittlere Weglänge, die das Molekül zwischen zwei Zusammenstößen zurücklegt, in Milliontel Millimetern	96,5	56
Anzahl der Zusammenstöße in Millionen pro Sekunde	17750	7646
Durchmesser der Moleküle in Milliontel Millimetern	0,58	0,76
Gewicht eines Moleküls in Quadrilliontel Gramm	460	7810

(1 Quadrilliontel = $\frac{1}{1000000000000000}$)

Wie man sieht, sind die Moleküle ungeheuer klein. Noch nicht einmal den millionten Teil eines Millimeters dick sind sie. Infolgedessen ist natürlich ihr Gewicht auch dementsprechend klein, so klein, daß es natürlich keine Waage gibt, die gestattete, es zu wiegen. Würde man zum Beispiel einen Fingerhut hernehmen und jede Sekunde ein Wassermolekül hineinwerfen, so brauchte man zur Vollenfüllung 1700 Billionen (17 mit 14 Nullen dahinter) Jahre, also eine Zeitspanne, bis zu welcher Arrhenius den fälligen Zusammenstoß der Sonne mit einem anderen Sterne als wahrscheinlich in Aussicht stellt. Denn man müßte nicht weniger als rund 50000 Trillionen (eine 5 mit 22 Nullen dahinter) Wassermoleküle bewältigen!

Alle Körper setzen sich aus solchen kleinen Molekülen zusammen. Dabei steht aber jedes Molekül von dem anderen um einen im Verhältnis zu seinem eigenen Durchmesser sehr großen, in Wirklichkeit natürlich immerhin winzigen Abstand entfernt. Beim Wasserstoffgas ist, wie unsere kleine Tabelle ausweist, zum Beispiel der Durchmesser eines der kleinsten Teilchen nur den 200. Teil so groß wie sein Abstand von dem ihm nächsten Teilchen — durchschnittlich gerechnet. Sollen beide also miteinander zusammenstoßen, so haben sie diese Entfernung, die sogenannte mittlere Weglänge, erst noch zurückzulegen. Die Geschwindigkeit der Moleküle ist aber enorm groß. In jeder Sekunde würde ein Wasserstoffmolekül 1859 Meter weit fliegen, wenn es freie Bahn hätte. Die hat es nun aber nicht, sondern auf seinem Wege stößt es sehr bald an ein anderes Molekül an, das es ja schon in 96,5 Milliontel Millimeter Entfernung trifft. So kommt es, daß während jeder Sekunde jedes Molekül schon 17750 Millionen Zusammenstöße erleidet, wie aus unserer Tabelle hervorgeht.

Denkt man sich die Himmelskörper in ähnlicher Weise durcheinanderschwirrend, so muß man bei der Vergrößerung der Dimensionen auch die Weglängen der einzelnen Körper zwischen zwei Zusammenstößen und die Geschwindigkeiten der Körper vergrößern. Doch darf das alles nicht in gleichem Verhältnis geschehen. Denn die Entfernungen der Himmelskörper voneinander sind verhältnismäßig sehr viel größer als die der Moleküle, die Geschwindigkeiten jedoch relativ sehr viel geringer. Die Zusammenstöße erfolgen bei den Molekülen deshalb auch ver-

hältnismäßig sehr viel häufiger, als sie bei den Sternen erfolgen könnten, wenn sie sich ebenso unregelmäßig bewegten wie die Gasmoleküle.

Das ist nun aber nicht der Fall. Die neuesten Forschungen haben uns gelehrt, daß die Sterne in Schwärmen und Zügen durch den Raum ziehen, daß sie Heerstraßen bevorzugen und daß sich wahrscheinlich alle Sterne des Milchstraßensystems im Kreise herumbewegen, wobei die allgemeine Massenanziehung des ganzen Systems eine Kreisbewegung unterhält (unsere „demokratische Verfassung“ Seite 13), die sich in etwa 20 Millionen Jahren zu einer Runde vollenden mag.

Bei einer solchen organisierten Bewegung müssen also die Zusammenstöße noch sehr viel seltener sein, als sie nach Arrhenius' Rechnung sich ereignen sollten; sie müßten hauptsächlich dann auftreten, wenn sich etwa Sternschwärme begegnen, wobei einzelne Sterne zum Zusammenstoß kommen können.

Ein in das Sonnensystem eindringender Stern

Den Zusammenstoß haben wir also nicht zu fürchten. Wie aber, wenn der Stern in unser Sonnensystem eindringt, ohne die Sonne zu treffen, wohl aber die Erde oder andere Planeten anstößt oder sie aus ihren Bahnen reißt und ihnen so dauernde Bahnstörungen bereitet, daß das Leben auf ihnen gefährdet wird?

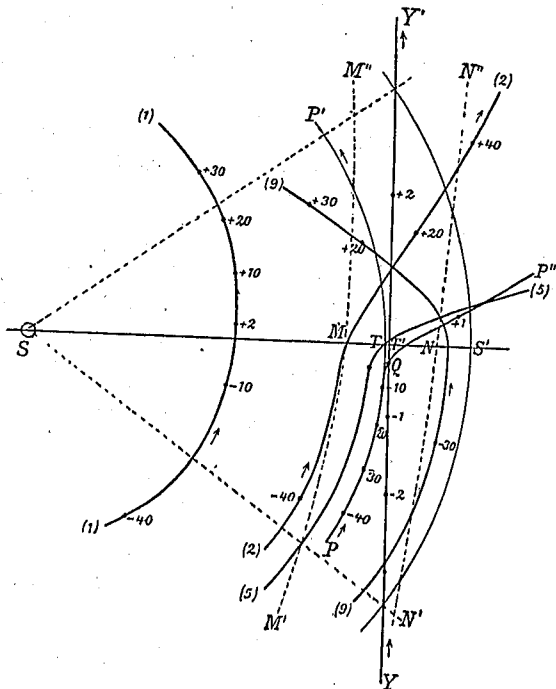
So unwahrscheinlich es ist, daß uns eine erlöschende Sonne schon erheblich früher in den Weg läuft, als der ausgegebene Zeitraum vermuten läßt, so ist der Fall doch nicht ausgeschlossen. Eigentlich wird man vermuten dürfen, daß er der wahrscheinlichere sein wird. Denn unter den schier unendlich vielen Möglichkeiten, daß die Sonne oder die Erde mit einem anderen Sterne zusammentrifft, ist diese die einzige, der Fall aber, daß ein fremder Stern in den Bereich des Sonnensystems kommt, schon häufiger möglich. Solcher Körper kann aber große Veränderungen in einer Sterngruppe hervorrufen, wie es zum Beispiel das Sonnensystem ist. In Himmelsgebieten, wo die Sterne dicht stehen und mit ihren unterschiedlichsten Bewegungsrichtungen und bei starken Eigenbewegungen verhältnismäßig oft in Reichweite kommen, da mag der Fall gar nicht so selten sein, den wir jetzt ins Auge fassen wollen. Für das Sonnensystem

hat daher auch dieser Fall ein Interesse, vielleicht sogar ein kosmogonisches (Kosmogonie = Weltentstehung).

Bei der Mannigfaltigkeit der Bedingungen, die in solchem Falle obwalten können, ist es eigentlich recht schwer, sich einen passenden Fall zu konstruieren, wie er wohl einmal vorkommen könnte, selbst wenn wir als Vorwurf das Sonnensystem wählen. Sind doch die Konstellationen der Planeten darin in jedem Augenblicke anders. Wir wissen weiter nicht, wie wir die Masse, die Richtung und die Geschwindigkeit des eindringenden Körpers ansehen sollen, in welcher Entfernung seine gerade Richtung an der Sonne vorübergehen soll und dergleichen mehr. Es nimmt daher nicht wunder, daß wir über diese Möglichkeit schlecht orientiert sind. Um aber einmal etwas zu tun, hat W. Ebert einen solchen Fall untersucht. Will man ihn verstehen, so muß man sich etwas dazwischen vertiefen. Die Spalten heliozentrische Länge und Bahnexzentrizität sind für Interessenten mitzugeben; das Nichtverstehen ist für den Leser gegebenenfalls ohne Bedeutung, wie überhaupt die folgenden drei Seiten unter Umständen übergangen werden können. Ebert nimmt den Fall des Sonnensystems her und läßt in dieses einen Stern von der Masse der Sonne mit einer Geschwindigkeit von etwa 447 Kilometer in der Sekunde (diese Geschwindigkeit ist aus bestimmten mechanischen Gründen so gewählt) in der Weise eindringen, daß er sich der Sonne bis auf 1,26 Erdbahnhälbmesser nähert. Der Weg, den der Stern dann durch unser Sonnensystem nimmt, ist fast eine gerade Linie (mathematisch genauer ausgedrückt eine Hyperbel mit sehr großer Exzentrizität), YY' in unserem Bilde.

Die Untersuchung des Problems ergibt dann folgendes. Der Planet, welcher seine fast kreisförmige Bahn PP' um die Sonne verfolgt, die in S stehe, bewege sich in derselben Bahnebene und Richtung wie der Stern; die Pfeile deuten die Richtung an. Der Stern erreicht seine größte Annäherung an die Sonne, das sogenannte Perihel, in T'. In diesem Augenblicke soll der Planet in T eintreffen und die Annäherung beider aneinander TT' nur einen Sonnenhalbmesser (691.600 Kilometer) betragen. Dann tritt dies ein: Je näher sich Stern und Planet kommen, desto rascher nimmt die Geschwindigkeit des Planeten um die Sonne ab. Die an die Bahnkurve geschriebenen Zahlen — 40, — 30 usw.

bezeichnen die Anzahl der Tage, die der Planet sich vor dem Perihel T' befindet, die Punkte geben dafür die genauen Orte an. Die Zahl der Tage nach dem Perihel sind mit +1, +2 usw. bezeichnet. Die Bewegung des Planeten kommt kurz vor der Annäherung an das Perihel fast zum Stillstande, weil der noch



11. Bild. Zu den Ebertschen Untersuchungen über einen das Sonnensystem durchkreuzenden Stern

hinter ihm befindliche Stern ihn stark zu sich anzieht, und seine Bahn wird von seinem eigentlichen Bahnkreise PP' nach Q hin abgelenkt. Der Stern erreicht den Punkt Q zuerst, obwohl er sich noch einen Tag zuvor weit hinter demjenigen befindet, den der Planet schon zehn Tage vorher eingenommen hat. Nachdem der Stern T' passiert hat, beschleunigt sich die Geschwindigkeit

des Planeten wegen der starken Anziehung des riesigen Körpers ganz ungeheuer, kann ihm aber nicht folgen, sondern wird wegen des Schwunges, den er vor dem Vorbeigang beider Körper aneinander erhalten hat, in einer fast geradlinigen Bahn von der Sonne weg und in den unendlichen Raum hinausgeschleudert. Der Planet geht also dem Sonnensystem verloren. Er könnte unter Umständen der zweiten eingedrungenen Sonne folgen. In dem betrachteten Falle ist das aber unmöglich, weil die Geschwindigkeit des Sternes zu groß ist, als daß der Planet ihr so schnell folgen könnte, so schnell kann die Anziehung des Sternes die Masse des Planeten nicht beschleunigen. Der so in den Raum hinausgeschleuderte Planet ist dann seiner Sonne beraubt und das Schicksal des Lebens auf ihm wäre besiegelt. Die wärmende Sonne fehlt und innerhalb kurzer Zeit würde alles Leben auf ihm zugrunde gehen, aus Mangel an Wärme und Licht.

Der ganze Vorfall verläuft übrigens wesentlich anders, wenn man die Anfangsbedingungen abändert. Auch das hat Ebert unter Berücksichtigung mehrerer Veränderungen untersucht. Wir greifen daraus die charakteristischen Planeten heraus und ordnen die Angaben in zwei kleinen tabellarischen Übersichten an. Beim Eintritt in den Wirkungsbereich des Sternes soll sein:

Für den Planeten	Der Bahnhalfmesser	Die Zeit (des Eintrittes in den Wirkungsbereich)	Die Umlaufzeit	Die heterogenen Längen
1	0,72	1,75	223 Tage	+0° 7,5'
2	1,11	4,5	427 =	0 0
5	1,20	5,0	480 =	-3 44,9
9	1,47	5,5	651 =	0 0

Die Bahn wird dann in der Weise verändert, daß bei Austritt des Planeten aus dem Wirkungsbereich des Sternes folgende Verhältnisse vorhanden sind:

Für den Planeten	Die Zeit (des Austrittes aus dem Wirkungsbereich)	Die Umlaufzeit	Die Bahnezentrizität
1	2,0	230 Tage	0,188
2	4,75	5590 =	0,911
5	5,75	—	3,207
9	5,5	53135 =	0,969

Die Bahn des ersten Planeten wird, da sie weit innerhalb liegt und zu sehr von der Sonne abhängig ist, da zudem der

eindringende Stern das System zu schnell durchläuft, nur sehr wenig verändert; die Umlaufszeit vergrößert sich um sieben Tage (man vergleiche die Zahlenangaben mit obiger Tabelle). Dieser Planet entspräche in seinen Bahnverhältnissen etwa der Venus. Auch der Planet 2 bleibt dem Sonnensystem erhalten; seine fast kreisförmige Bahn verändert sich aber zu einer langgestreckten Ellipse, deren sonnennächster Punkt (Perihel) in nur 0,55 Erdbahnhalbmessern von der Sonne liegt, dessen Aphel (sonnenentferntester Punkt seiner Bahn) nicht weniger als 11,78 Erdbahnhalbmesser weit draußen liegt, also noch weiter als dort, wo Saturn seine Kreise zieht. Die Umlaufszeit verdreizehnfacht sich! Die Erde, welche in diesem Falle zwischen den beiden genannten Planeten stünde, würde in ihren Bahnverhältnissen also schon ganz bedeutende Änderungen erfahren, so bedeutende, daß jedenfalls der Bestand des Lebens auf ihr gefährdet wäre. Das schwerste Schicksal erlitt der 5. Planet, welcher dem Sonnensystem unwiederbringlich entzissen würde. Planet 9 dagegen, der weiter abstand als das Perihel des eindringenden Sternes, erhielt eine ungeheuer langgestreckte Bahn, die er erst innerhalb von 53135 Tagen (146 Jahre) durchheilen würde. Die Umlaufszeit würde also mehr als die achtzigfache Länge erhalten. Sein Perihel würde beinahe in Venusentfernung gerückt, während das Aphel auf 54,47 Erdbahnhalbmesser, also in fast die doppelte Neptunentfernung hinausreicht. Diese Bahnellipse wäre also noch viel länger als diejenige des Halley'schen Kometen.

Allgemein lassen sich die Grenzen angeben, bei welchen die Planeten dem Sonnensystem erhalten bleiben oder nicht. Aus der Untersuchung ergibt sich, daß ein Planet, der sich beim Eintritt in die Wirkungssphäre des Sternes zwischen den beiden Grenzen befindet, die durch die Kurven $M'M''$ und $N'N''$ angegeben sind, die Bahn einer Hyperbel erhält, das heißt aus unserem System hinausgeworfen wird (da ja eine Hyperbel eine ungeschlossene Kurve ist). Befindet er sich in dem bezeichneten Augenblicke auf einer der Grenzen, so beschreibt er nach seiner Rückkehr zur Sonne eine Parabel und bleibt uns erhalten. Die anderen Planeten erfahren Störungen, die sehr stark sein können, die kreisförmige Bahnen sehr lang auseinander zu ziehen vermögen. Stark exzentrische Bahnen von Kör-

pern innerhalb eines Systems lassen also den Schluß zu, daß ein großer, störender Körper das System gekreuzt hat, was allerdings nicht notwendig zu sein braucht. Den zwischen die genannten Kurven liegenden Gebietsstreifen könnte man als Instabilitätsgebiet bezeichnen, weil die Bahnen der dort in der kritischen Zeit laufenden Himmelskörper nicht stabil sind. Seine Breite hängt davon ab, mit welcher Geschwindigkeit der Stern das Sonnensystem durchheilt. Für solche, die mathematisch zu sprechen gewohnt sind, sei bemerkt, daß die Breite des Instabilitätsgebietes umgekehrt proportional ist der Geschwindigkeit des Sternes und mit der Quadratwurzel aus der Entfernung von der Sonne wächst. Je schneller der Stern das System durchheilt, desto weniger Zeit hat er, zerstörend auf dieses zu wirken. Selbst eine Geschwindigkeit von nur einigen hundert Kilometern in der Sekunde kann allzu große Verwüstungen noch nicht anrichten, wenn nicht etwa die zufällige Konstellation der Planeten das ermöglicht. Das ist aber höchst unwahrscheinlich. Denn ist es schon eine Seltenheit von geringer Wahrscheinlichkeit, daß ein Stern sich in das Sonnensystem verirrt, so ist es noch in kaum nennbar gesteigertem Maße unwahrscheinlich, daß dann gerade eine zufällige und eine zufällig für seine Wirkungen günstige Planetenkonstellation vorhanden ist. Zweifellos befinden sich in der Wirkungssphäre eines eindringenden Körpers immer Massen, die zum Sonnensystem gehören, seien es Kometen oder Meteor Schwärme oder kleine Planeten. Stehen diese lange genug unter dem Einflusse der Anziehung des Eindringlings, so werden uns diese Massen für immer entführt. Auch Planeten können, wie gesagt, dieses Schicksal haben. Daß das im Haushalte der Welt eine Rolle spielt, beweisen die „hyperbolischen“ Kometen und Meteore. Diese sind unzweifelhaft aus nebelhaften Fernen zu uns gekommen, wo sie vielleicht — es sind auch andere Möglichkeiten vorhanden — auf diese Art ausgewiesen wurden.

Für den Fall unserer Erde erfahren wir aus diesen Erörterungen so viel, daß wir wissen: Möglich ist es, daß ihr das Schicksal einmal blüht, aber höchst unwahrscheinlich. Und wenn der Fall eintritt, dann würden wir ihn lange voraussehen. Denn eine dem Sonnensystem sich nähernde große Masse würde sich durch die Störungen, welche sie auf die Planeten ausübt, Jahrtausende im voraus bemerkbar machen, selbst wenn sie völlig

dunkel wäre. Wir könnten ihren Ort und ihre Bewegung in jedem Augenblicke bestimmen und feststellen, ob und wann der Zeitpunkt eintritt, in welchem wir mit unserer Erde in den kalten Weltraum hinausgeschleudert werden, welchen Planeten sonst dieses Schicksal noch bevorsteht usw. Abwenden könnten wir das Ereignis nicht, wohl aber wüßten wir es. Träte solche Hinausgeschleuderung ein, dann wäre das Leben der Erde dem Untergange geweiht. Aber schon die Veränderung der Bahn zu einer stark elliptischen würde das wahrscheinlich herbeiführen. Wenn ein Planet die Bahn des Gallerschen Kometen durchfliegen würde, dann bewegte er sich nur während kurzer Zeit in der lebenerhaltenden Sphäre der Sonne, während er den größten Teil seiner Bahn im kalten Weltraum zurücklegen muß, wo der Wärmestrom von dem Glutballe der Sonne unmerklich ist. Auch da ist an den Bestand des Lebens zum mindesten in den höheren Formen nicht zu denken. Jedenfalls aber würde eine Veränderung der Bahnexzentrizität der Erde wesentliche Umwälzungen auf unser Klima bewirken, die nicht ohne Einfluß auf die Gestaltung des Lebens bleiben könnten.

Die Funktion der Weltnebel und der kosmischen Staubwolken

Was in bezug auf die Beeinflussung der Erde durch die Sterne zu sagen ist, gilt in gleicher Weise von den Weltnebeln. Herschels Riesenteleskope haben uns die Bekanntschaft mit Tausenden solcher Nebel vermittelt, die photographische Platte aber noch viel mehr. Wolf in Heidelberg zählte auf einer Photographie eines Teils vom Sternbilde Haar der Berenike nicht weniger als 1528 Nebel. Die Photographie hat uns aber auch unsichtbare Nebel kennen gelehrt, Nebel, die Strahlen aussenden, die unser Auge nicht wahrzunehmen vermag, weil sie zu kurzwellig sind. Diese kurzen Wellen verraten sich aber durch ihre Einwirkung auf die photographische Platte. Es sind also vornehmlich die ultravioletten Nebel, deren Existenz uns auf diese Weise zur Kenntnis gelangt. Den ersten von ihnen hat Professor Wolf in Heidelberg in den neunziger Jahren des verflossenen Jahrhunderts entdeckt (siehe Linke, Ist die Welt bewohnt? Seite 8, zweites Bild). So gewaltig diese Nebelmassen

auch sind, können uns doch keine oder keine besonders großen jetzt so nahe stehen, daß wir irgend welchen „Einfluß“ von ihnen zu spüren bekämen. Sie würden uns ja den Ausblick zum Himmel ganz gewaltig einengen.

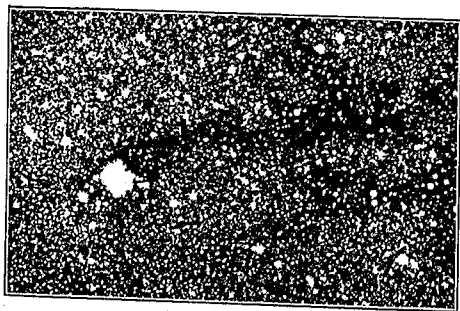
Wie aber, wenn wir einmal auf unserer Wanderung durch den Weltraum in ein solches Nebelgebilde geraten? — Wir würden wahrscheinlich herzlich wenig davon merken, daß wir in solchem Nebel stecken. Die Materie ist dort so dünn, daß wir sie direkt unmöglich sehen könnten. Nur an der gehinderten Aussicht gegen den Himmel würden wir davon Kenntnis erhalten. Verteilte sich zum Beispiel die ganze Masse des Stoffes, der im Sonnensystem vorhanden ist (also Sonne, Planeten, Monde, Kometen, Meteore und alle sonst irgendwie vorhandenen Massen) auf den Raum einer Kugel, welche die Bahnen der Planeten bis zum Saturn einschloße, so würde die Dichte derselben doch nur den dreißigmillionsten Teil der Dichte unserer atmosphärischen Luft unter Atmosphärendruck ausmachen. Dieses Beispiel gibt schon Kant in seiner berühmten „Allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels“. Die Verdünnung des Stoffes ist noch außerordentlich viel größer, wenn der Stoff über diejenige Sphäre ausgedehnt wird, welche unserer jetzigen Kenntnis des Sonnensystems entspricht, also noch über die Neptunsbahn hinaus. Aber selbst diese Verteilung der Materie über den Raum erscheint uns noch zu groß; sie würde jedenfalls den physikalischen Zuständen der Stoffe bei den tiefen Temperaturzuständen nicht entsprechen, die angesichts solcher Dünne des Stoffes im Weltraum herrschen müßten. Bestände zum Beispiel der Nebel aus dem Dampfe des flüchtigsten aller Metalle, des Quecksilbers, so würde selbst im Zustande der Sättigung bei einer absoluten Temperatur von 50 Grad — das sind 223 Grad unter Null — die Materie sich nur in so geringer Menge vorfinden, daß nach Arrhenius' Rechnung ein einziges Gramm den Raum eines Würfels einnehmen würde, dessen Kantenlänge ungefähr 2000 Lichtjahren entspräche. Die Kantenlänge würde also den Abstand der Erde von dem uns nächsten Fixstern (Alpha Centauri) um das 450fache übertreffen. Bei Natrium würde die Würfelseite unter den gleichen Umständen noch eine Milliarde mal größer werden, und bei Magnesium und Eisen — alles Stoffe, die auf den Sternen häufig

vorkommen — würden wir zu noch phantastischeren Zahlen kommen.

Bei alledem ist die Temperatur von 50 Grad (absolut) reichlich hoch angelegt. In niedriger temperierten Nebeln ist die Materie noch viel dünner. Ein solches Nebelgebilde, das wir übrigens in keinem Falle noch wahrnehmen können, ist selbst bei seiner riesigsten Ausdehnung nicht imstande, einen Stern von der Größe der Sonne irgendwie zu beeinflussen. Die Sonne und ihr ganzer Anhang dazu würde den Nebel einfach durchschlagen. Selbst die Kometen, diese luftigen Gebilde, würden

aus solchem Nebel völlig unbeschädigt herauskommen.

Aber das sind nicht die Nebel, die wir mit unseren Teleskopen wahrnehmen. Die sind viel dichter und wohl meist auch schon in manchen Teilen konzentriert. Schauen wir uns doch die Nebel an, die uns das Licht auf die photogra-



12. Bild. Der Kokonnebel im Schwan und die Sternhöhle

Photographiert von Wolf in Heidelberg
(4 Stunden belichtet)

phische Platte gezaubert hat. Der kleine Tempel der Urania auf dem Königstuhl bei Heidelberg, in dessen Räumen Max Wolf und seine dienstbaren Geister der Wissenschaft fröhnen, hat uns dafür Bilder geliefert. Wie in ein Kokon liegen da die dichteren Massen eingebettet. Von rechts her gähnt die Höhle, durch die der Eindringling hineingeschlüpft ist. Was der Eindringling eigentlich ist, läßt sich so leicht nicht sagen. Sicher aber sind es Zusammenballungen von Materie, die nebelhaft, gasförmig, aber auch mit festen und flüssigen Kernen durchsetzt sein mag (siehe auch Seite 27 und 28). Vielleicht sind auch die festen Teile des Kernes nicht gering, denn ehe sie uns in jenen Fernen als kompakte große Massen erscheinen, müssen sie schon gewaltig große Körper sein. Ganz offenbar aber befinden sich diese Massen auf der Wande-

rung durch das dichte Nebel- und Massengewirr, das uns die weißen Punkte auf den Bildern andeuten.

Gerät ein Stern in solchen Nebel hinein, so ist es durchaus nicht immer gesagt, daß er ihn durchschlägt. Er wird eine Weile hineinwandern und dabei an Bewegungsenergie einbüßen. Seine Anziehungskraft säubert um sich her den Weg, indem die nächstliegenden Teilchen des Nebels herangezogen und angegliedert werden. Dadurch vergrößert sich die Masse des Eindringlings, und da die zu durchwandernden Nebelräume ungeheuer groß sind, kann sich die Masse des eingedrungenen Sternes vervielfachen. Die hinzugekommene Materie aber nimmt Teil an der Bewegung und diese muß sich naturgemäß allein schon dadurch verlangsamen. Ist der Nebel groß genug, so bleibt der Stern darin stecken.

Das ist wohl die häufigste Art, wie Sterne von Nebeln eingefangen werden und sich an größere vorhandene Massen angliedern, nachdem sie selbst sich zuvor auf deren Kosten bereichert haben. — Ein Beispiel: Unsere Sonne rast mit ungefähr 20 Kilometer Sekundengeschwindigkeit durch den Raum. Nehmen wir an, sie träfe auf ihrer Wanderung auf einen Nebel, der die gleiche Geschwindigkeit habe, wie gerichtet, sei ganz gleich. — Campbell hat gezeigt, daß sich in ihrer Bewegungsgröße die Nebel von den Sternen in nichts unterscheiden. — Der wahrscheinliche Wert der verhältnismäßigen Geschwindigkeit beider Himmelskörper gegeneinander ergibt sich nach den Regeln der Rechnung zu 28,3 Kilometer in der Sekunde. Bei dieser Geschwindigkeit nimmt die Sonne allen Nebelstoff mit, der sie im Umkreise von 15 Millionen Kilometer umlagert, so daß ein Kanal von 30 Millionen Kilometer Weite entsteht. Geht die gegenseitige Bewegung langsamer, so hat die Sonne mehr Zeit, den Stoff zu sammeln, der Kanal würde breiter werden, geht sie schneller, so bleibt er enger.

Dieses Beispiel, das uns Arrhenius gibt, zeigt aber zugleich auch, daß die Sache so einfach noch nicht vor sich gehen kann. Denn die Nebelhöhlen unserer Bilder müssen viel weiter sein. Kanäle von 30 Millionen Kilometer Weite würden uns dort gar nicht zur Anschauung kommen. Die Löcher müssen tausend und hunderttausendmal so groß sein, wenn sie sich uns ver-raten sollen. Aber auch hier ist Meister Arrhenius nicht verlegen.

Er sagt, daß der vorbeistürmende Stern auch noch eine Menge Materie nach sich ziehe, die wie Staub hinter einem schnellen Gefährt herwirbeln. Massen, die von verschiedenen Seiten kommen, stoßen zusammen, und die größere oder richtiger gesagt, die mit mehr kinetischer Energie behält die Oberhand und schießt ein wenig seitwärts dem Eindringling nach und mit samt der kleineren an diesem vorbei, so in eine Drehung um den zentralen Kern geratend. Die ganze Masse muß dann eine ringförmige Beschaffenheit mit einem Mittelkern annehmen, wie zum Bei-



13. Bild. Der Ringnebel in der Leier

Nach einer Photographie mit dem Großtelessektor der Veltsternwarte

spiel der Ringnebel in der Leier, der allerdings nicht in solchem Nebelgewirr steht. Solcher Ring kann den Zentralkern in ungeheurer Weite umgeben und nun seinerseits mithelfen, den Kanal immer weiter zu machen. Dort, wo der Kern sich gerade befindet, ist daher die Höhle naturgemäß auch am weitesten. Das Nachstürzen der Massen, das sich aus dem Bilde nicht so ersehen läßt, wie man es wohl sehen möchte, gibt sich doch dadurch kund, daß der Kanal nach der Durchwanderung wieder mehr und mehr verwischt, wozu neben der Anziehungskraft des durchschlagenden Körpers selbstverständlich auch die Eigenbewegung der Nebelteile beihilft.

Die Hemmung, die ein solcher Stern in einem dichten Nebel immerhin erfährt, könnte ihn selbst, wie man wohl meint, zu starkem Erglühen bringen. Seeliger, der hervorragende Münchener Astronom, folgerte so, und man kann wohl sagen, daß das der Fall sein wird, wenn der Nebel sehr konzentriert ist. Dann mag vielleicht ein Ereignis eintreten, das uns als „neuer Stern“ zu Gesicht kommt. In dünneren Nebeln jedoch darf man das kaum erwarten. Denn wenn das Einfangen in der geschilderten Weise erfolgt, mehr zu einem Nebelring um den eigentlichen wandernden Eindringling, fällt das Erhitzen des Zentralkernes fort. „Zwei Fliegen mit einer Klappe“, so charakterisiert sich auch hier wieder die geniale Deutefunst unseres schwedischen Forschers. Sicher aber wird uns das Phänomen eines „neuen Sternes“ erscheinen, wenn der Eindringling auf einen anderen Stern im Nebel stößt. Beide werden dann unter fürchterlichen Explosionen, wie sie nur der große Sternraum kennt, in eine Glut aufgehen, so heiß, daß sie eine Leuchtkraft zu entwickeln vermag, die selbst in die Fernen stark hinüberstrahlt, wo die dünnen Strahlen des einfach leuchtenden Sternes kaum noch die sensiblen Moleküle des photographisch sammelnden Auges zum Erzittern zu bringen vermag.

Wie auch sonst, so erscheinen auch in diesem Falle die Nebel als die Sammler. Während eine Sonne auf ihrer Wanderung die schier unendlich sparsam gesäten Sterne nur in beinahe unendlichen Zeiten treffen kann, bieten die weitausgedehnten Weltnebel viel eher die Möglichkeit, sie anzutreffen. Und da eine Menge Sterne in ihnen stecken bleiben können und das im Laufe der Zeiten auch tun, so werden sie zu richtigen Nestern, zu Weltnebsternen, möchte man sagen, während um die Nebel herum der Raum gewöhnlich verhältnismäßig sternleer ist. Es ist daher auch kein Wunder, daß dort, wo die Sterne sich massenhaft ansammeln können, auch die Möglichkeit des Zusammenstoßes am ersten gegeben ist. Wir beobachten daher die „neuen Sterne“ meist auch in der Nähe der Milchstraße. Dieses Schicksal kann selbstredend auch die Sonne ereilen. So ist für sie ein „Untergang“ möglich, ein Untergang, der natürlich für das Leben auf den Planeten, die sich ja in ihrem Gefolge befinden, nur von zerstörendem Einfluß sein kann. Aber auch diese Gefahr würde sich uns verraten durch Anzeichen mancherlei Art.

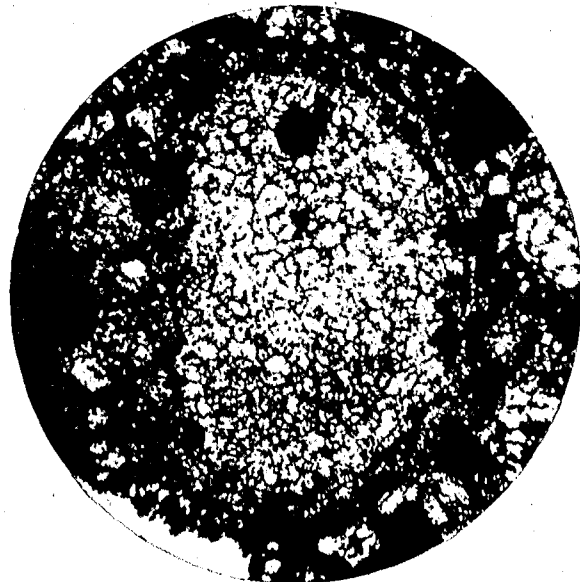
Der Nebel beginnt ja nicht plötzlich, sondern allmählich müßte die Sonne hineingeraten; er würde uns jedenfalls selbst in noch beträchtlicher Entfernung die Aussicht gegen den Himmel erheblich erschweren und Erscheinungen am Himmel darbieten, die wir nicht gewohnt sind.

Wie man sieht, sind die Nebelgebilde, welche den Weltraum erfüllen, der Existenz der Sonne und damit der Erde nicht immer ungefährlich. Daß uns jedoch das Schicksal in naher Zeit, worunter selbst Millionen von Jahren zu verstehen sind, bevorsteht, ist nicht anzunehmen.

Diese kosmischen Staub- und Gasmassen sind aber nicht die einzigen, welche den Weltraum bevölkern. Die starke Ausstrahlung der heißen Sonnen stößt unter dem Einfluß des Strahlendruckes (siehe Seite 103) große Massen von Staub in den Weltraum hinaus. Nicht allein Staub, sondern auch angelegte gasige Partikeln werden so mit hinausgeschleudert, die dann im Weltraum unstet in immer derselben Richtung mit großer Geschwindigkeit wandern, mit einer Geschwindigkeit, welche in die Tausende von Kilometern in der Sekunde geht. Sie wandern so lange, bis sie irgendwo aufgehalten werden. Das ist vielfach und vorzüglich der Fall in weit ausgebreiteten Weltnebeln, die richtige Staubsauger vorstellen. Während ihrer langen Wanderung geben diese hinausgestoßenen Partikelchen ihre Wärme bald ab, strahlen sie selbst aus. Die gasigen Bestandteile (namentlich die Kohlenwasserstoffe und Kohlenoxyd) kommen so bald in Temperaturen, wo sie sich verflüssigen und nun mit den festen Teilchen zusammenkitten, zusammenfintern und kleinere Stücke bilden. Diese vergrößern sich vermöge ihrer wenn auch schwachen Anziehungskraft immer mehr auf Kosten der umliegenden Teilchen und können so zu nicht unerheblichen Massen zusammenwachsen. So kommt es, daß aus diesen kleinen Teilchen größere Meteorite entstehen. Die auf die Erde fallenden Meteore zeigen durch ihren merkwürdigen, von Arhenius chondritisch genannten inneren Bau diese Entstehungsweise zur Evidenz.

Kommt nun die Sonne und mit ihr die Erde in solchen Schwarm von Staub und Meteoriten, so zieht sie einen Teil derselben zu sich herab. Ist damit eine Gefahr für das Leben auf der Erde verknüpft? Zweifellos wird durch den Fall von Meteoriten starke Wärme frei, die den Körpern den guten kommt,

auf die der Fall stattfindet. Die Sonne kann eventuell heißer werden, und auch der Meteorregen auf die Erde kann die Temperatur so stark erhöhen, daß das Leben dabei zugrunde gehen muß. Man sieht aber leicht ein, daß das nur der Fall sein kann, wenn die Massen sehr groß sind, die da herniederfallen. So groß sind aber die auf dem verhältnismäßig engen Raum, den unser Sonnensystem bestreicht, vorhandenen Massen



14. Bild. Körniges Chondrium in dem Meteorstein von Szees
Nach G. Eschermat.

von Materie nicht, wenn es in solchen Schwarm von Massenteilchen hineingerät. Zudem befindet sich jeder Stern fortwährend in solchem Gefahrenfelde, denn die Massen von Meteoriten, die in den Räumen unseres Sonnensystems wandeln, sind sehr groß und gehen in die Millionen Tonnen. Hat doch der Petersburger Astronom Kleiber nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung und auf Grund der Kometenstatistik der uns bekannten Erscheinungen festgestellt, daß sich innerhalb der Neptun-

Sinke, kann die Erde untergehen?

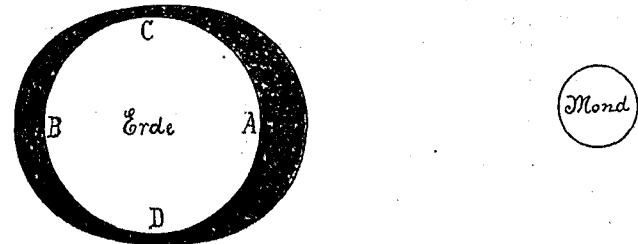
bahn gleichzeitig etwa 5900 Kometen befinden, von denen uns nur die allerwenigsten natürlich zu Gesicht kommen. Und die Kometen sind, nach Schiaparellis berühmten Untersuchungen, den Meteoriten ganz nahe verwandte Phänomene. Trotzdem werden uns diese Kometen und Meteoritströme nicht gefährlich, wie uns die bisherige Geschichte und unsere Sonderausführungen über diesen Gegenstand (Seite 98 fg.) beweisen, eben weil die Masse dieser Himmelskörper viel zu gering ist. Nur wenn der Plumpser einträte, von dem auf Seite 110 die Rede ist, wäre unser Leben gefährdet.

Das Gezeitenphänomen

Von unseren Betrachtungen über den Fall eines ins Sonnensystem eindringenden Sternes her blieb noch ein Problem übrig, das zusammenhängt mit der Erscheinung der Gezeiten und daher mit den Fragen zusammen abgehandelt werden möge, die sich auf Grund dieses Phänomens zu unserem Thema einstellen.

Wir wissen, daß die Erde zu sieben Zehnteln mit Wasser bedeckt ist, das sich, wenn die Erde allein im Raum vorhanden wäre, soweit es wegen des Landes anginge, gleichmäßig über den Erdball verbreiten würde. Wie auf den ganzen Erdbkörper, so übt auch auf das Wasser der Mond seine Anziehungskraft aus. Während aber die festen Teile der Erde dieser Anziehung im einzelnen nicht folgen können, tun das die Wassermassen sehr wohl. Die Anziehungskräfte der beiden großen Massen Erde und Mond aufeinander werden ausgeglichen durch die Kräfte der Umschwingungsbewegungen. Da aber die Körper selbst nicht starr sind, sondern elastisch, so geben die einzelnen Teile den Anziehungskräften nach, so daß also Deformationen, Gestaltänderungen der Körper entstehen. Diese Gestaltänderungen sind nicht unbedeutend, wenn man sie auch ohne Messungen nicht wahrnehmen kann. Es sind sogar die feinsten Messungen nötig, die man überhaupt anzustellen vermag, um sie zu erkennen. Aus ihnen ergibt sich, daß der Erdbkörper zwar nachgiebig ist, daß er aber Formänderungen riesige Widerstände entgegensetzt. Nach mehrjährigen Untersuchungen über die Größe dieser Gestaltänderungen auf dem geodätischen Institute bei Potsdam sagt Professor Gecker über die Elastizität des Erdbkörpers: „Er verhält sich etwa wie eine gleich große Kugel aus Stahl.“ Man erkennt, daß also die Formänderungen verhältnismäßig nicht

sehr groß sein werden. Und daß der Erdbkörper, der an seiner Oberfläche meistens keine Stahlhärte und Stahlelastizität besitzt, doch im ganzen so fest und elastisch ist wie Stahl, verdankt er einmal seiner gewaltigen Größe, bei der die Schwere so groß wird, daß der Erdkern eine Zusammenpressung erfährt, die den Stoffen die Festigkeit des Stahls verleiht, dann aber auch dem Umstande, daß der Erdkern aus Gasen besteht, die so elastisch sind, wie ein Körper nur sein kann, bei großer Pressung aber auch eine Härte besitzen, wie sie andere Körper nicht haben können. Trotzdem sind diese Formänderungen, die ebenso von der Sonne wie vom Monde ausgehen, noch meßbar!



15. Bild. Schematisches Bild der Gezeitenwirkung des Mondes auf den Wassermantel der Erde

Ungleich größer jedoch sind die Wirkungen der Mondanziehung auf die Wassermassen, die die Erde bedecken. Sie können ja dem anziehenden Einfluß nachgehen, und diesem Umstande verdanken wir eine Erscheinung, die wir die Gezeiten (Tiden) nennen. Zweimal am Tage erreicht das Meer seinen höchsten und zweimal seinen tiefsten Stand. Dabei verschieben sich die Zeiten der Hoch- und Niedrigwasserstände jeden Tag um etwa 50 Minuten, genau so wie die Stellung des Mondes sich verändert. Das beweist schon den nahen Zusammenhang beider Erscheinungen. Wie die Wirkung der Gezeiten zustande kommt, ist im Prinzip nicht schwer auseinanderzusetzen. Das beigegebene Bild wird dem Verständnis gute Dienste leisten. Der Mond übt natürlich auf die Stellen der Erde, die ihm gerade gegenüberstehen, das sind vornehmlich die bei A, eine größere Anziehungskraft aus als auf die entfernteren, etwa diejenigen, die auf der Rückseite des Erdballes B liegen, vom Monde aus ge-

sehen. Die Wassermassen, die sich also vorn befinden, werden vom Monde herangezogen und geben dieser Anziehung nach, soweit es ihnen die Schwere gestattet. Das Wasser muß dabei naturgemäß von den Seiten her nachfließen. Dem Monde gerade gegenüber bildet sich also ein Wasserberg A, zu dessen Bildung das Wasser von den Seiten C und D fortgenommen wird, so daß dort Wassertäler entstehen. Den Wasserberg nennt man die Flut, die Täler, zu den Seiten rund herum um den Erdball, Ebbe. Auf der Rückseite B der Erde wirkt die Anziehungskraft des Mondes schwächer als vorn, weil sie ja weiter entfernt ist. Dort wird also nicht so viel Wasser zur Bildung der Flutberge weggezogen, wie zwischen Vorder- und Rückseite, und der Effekt ist, daß dort der Wasserstand immer noch höher bleibt als an den Seiten C und D. Immerhin müßte auch dort eine Ebbe herrschen, weil ja doch etwas Wasser weggezogen wird. Trotzdem tritt dort aber gerade eine Flut ein! Wie ist das zu erklären?

Die Mondanziehung kann natürlich nur auf das ganze System der Erde wirken, das in sich geschlossen ist, und zwar in dem Sinne, daß der Schwerpunkt der festen und der Flüssigkeitsmassen nicht verrückt werden kann. Das ist nur möglich, wenn der Schwerpunktverlegung durch die Flut auf der dem Monde zugekehrten Seite durch eine Flut auf der anderen Seite entgegengewirkt wird. Man erkennt so, daß ein dauerndes Gleichgewicht nur bestehen kann, wenn auf der dem Monde zu- und der ihm abgewandten Seite Fluten bestehen. Diesen Schluß können wir ziehen, ohne darauf einzugehen, wie diese beiden Fluten entstehen. Nun werden wir aber gleich sehen, daß da ein beständiger Zustand gar nicht existiert, sondern daß die Verhältnisse sich in jedem Augenblick ändern. Da stellen sich die Fluten eben in dieser Weise ein. Die dem Monde zugekehrten Gewässer werden zu einem Flutberge emporgehoben, weil sie dem Monde näher sind als die feste Erde, für die der Erdmittelpunkt Angriffspunkt ist. Infolgedessen werden sie stärker angezogen, und es stellt sich auf der Mondseite der Erde der Flutberg ein. Die feste Erde mit dem Erdmittelpunkt als Angriffspunkt der Mondanziehung ist dem Monde aber wieder näher als die Gewässer auf der mondabgewandten Erdseite. Sie wird also stärker herangezogen als diese, was notwendig eine Schwerpunktverrückung der festen Erde, nicht des ganzen

festen und flüssigen Systems, zur Folge hat. Diese Verrückung der festen Erde nach dem Monde hin bedingt notwendig einen Flutberg auf der mondabgewandten Erdseite.

So stellt sich das System unter den wechselnden Bedingungen und Umständen immerwährend anders ein, so daß die feste Erde fortwährend kleine Schwankungen ausführt.

Ständen Erde und Mond still, so würde also die Wasseroberfläche der Erde unter dem Einfluß des Mondes eine eiförmige Gestalt annehmen und so stehen bleiben. Nun dreht sich aber bekanntlich die Erde um ihre eigene Achse, und zwar in 24 Stunden einmal ganz herum. Der Mond aber dreht sich nicht mit herum, so daß die Anziehung immer auf die ihm gegenüberliegenden Gegenden am größten bleibt. Die Wasserberge und -täler müssen also an denselben Stellen verbleiben. Sie brauchen sich dabei nicht durchaus aus demselben Wasser zusammenzusetzen, sondern das Wasser kann fortwährend wechseln. Das tut es auch. Es wird eben immer wieder neues Wasser durch die Mondanziehung emporgehoben, während das früher gehobene zurücksinkt. Da aber das Wasser sich nur heben kann, wenn Zufluß kommt, so müssen fortwährend starke Zuflürmungen zu den Stellen stattfinden, die dem Monde gerade gegenüber stehen. Da wir auf der Erde still zu stehen wähen und meinen, der Mond schwinde sich mit dem Himmel um uns in 24 Stunden einmal herum, so meinen wir auch, der Flutberg liefe dem Monde nach, so daß er in 24 Stunden die Erde einmal umkreise. Über jeden Punkt der Erdoberfläche geht also der Flutberg einmal täglich hinweg, aber auch der kleinere Flutberg, der sich dem ersten gerade gegenüber bildet, wenn nämlich der betreffende Punkt der Erdoberfläche vom Monde aus gesehen auf der Rückseite steht. Jeder Erdort hat also am Tage zweimal das Erscheinen eines Flutberges zu gewärtigen, und jedem Flutberge folgt ein Wassertal. Ebbe und Flut wechseln also in etwa sechsständigem Turnus immerwährend einander ab. Wir erkennen so die Gezeitenerscheinung als weiter nichts denn als eine Wirkung der allgemeinen Massenanziehung.

An Gestaden, die sich flach in das Meer hinein erstrecken, vermag der Anwohner zur Zeit der Ebbe, wenn das Wasser seinen tiefsten Stand erreicht hat, stundenlang trockenen Fußes zu wandern, wo bald nachher die Meereswellen ihr Spiel treiben. —

Natürlich war diese Erscheinung auch schon den seefahrenden Völkern des Altertums bekannt, obwohl ja das Mittelmeer so gut wie gar keine Gezeiten hat. Sie brachten ihre Kenntniss von weither mit, aus den freien Weltmeeren im Norden und im Osten. Das ersehen wir zum Beispiel aus Cäsars Schilderungen seiner Fahrten im Kanal zwischen England und Frankreich. Auch die eigentümlichen Beziehungen zwischen der täglichen Bewegung des Mondes und den Gezeiten hatten die Alten erkannt, ohne natürlich das ursächliche Bindeglied zu kennen. Das blieb dunkel, und der große Briten Newton brachte durch seine Entdeckung der allgemeinen Massenanziehung und des sie beherrschenden Gesetzes Licht und Klarheit in die Frage.

Da der Mond nahezu in der Ebene der Erdbahn (nur 5 Grad gegen sie geneigt) seine Bahn um die Erde zieht, so steht er dieser auch in den Gegenden des Äquators durchschnittlich am geradesten gegenüber. Dort wird also das Phänomen der Gezeiten am stärksten in die Erscheinung treten, während es in höheren Breiten geringer und an den Polen selbst so gut wie unmerklich ist, und wahrscheinlich von anderen Strömungen in seiner Größe überdeckt wird.

So einfach, wie bisher die Sache geschildert wurde, ist sie aber nicht. Der Mond bewegt sich ja bekanntlich während eines Tages in seiner Bahn um den 28. Teil vorwärts. In einem Tage ist er also etwas vorausgeilt, wenn der Punkt, der vor 24 Stunden Flut hatte, wieder an derselben Stelle anlangt. Diese Vorausseilung beträgt 50 Minuten, also für eine Gezeitenperiode 13 Minuten. Um 13 Minuten später also trifft die Flut jeden Tag an jedem Erdort ein. Neben dieser Komplizierung haben aber auch die Neigungen der Bahnebenen von Erde und Mond Einfluß auf den Charakter der Erscheinung, ferner die Abplattung der Erde, und nicht zuletzt die Oberflächengestaltung der Erde selbst. Die unüberschreitbaren Massen der Festländer, die sich der von Osten nach Westen fortschreitenden Flutwelle entgegenstellen, beeinträchtigen ihren regelmäßigen Verlauf in einer je nach der Lage des Beobachtungsorts sehr verschiedenen Weise. Wegen der Zeit, die vergeht, ehe die Wässer der Kraft folgen können, treten die Fluten später ein, als sie nach den Stellungen der in Frage kommenden Himmelskörper eigentlich sollten. Die Größe und Form der Meeresbecken und Wasser-

straßen, die Gestaltung der Küsten, die Tiefen der Gewässer, die durch die verschiedenartige Erwärmung der Ozeane verursachten Meeresströmungen, ja selbst die vorherrschenden Windströmungen geben dem Verlaufe der Gezeiten fast für jeden Küstenort ein eigenartiges Gepräge. Das Steigen der Flut findet rascher statt als das Fallen. Schon im offenen Meere erfährt das Eintreffen des Flutbergs gegen die höchste Mondstellung für den betreffenden Ort eine Verspätung, die sich mitunter auf mehrere Stunden belaufen kann. An den Gestaden aber verzögert sich das Eintreffen der Flut durch die erwähnten Umstände in sehr komplizierter Weise, so daß hier das Rechnen aufhört und man eben auf die Beobachtung angewiesen ist. Diese ergibt aber sehr einfach die Verspätung der Flut und der Ebbe, und man nennt diese Verspätung die Hafenzzeit.

Was der Mond kann, kann die Sonne auch, denn trotz ihrer riesigen Entfernung äußert sie doch eine sehr starke Anziehungskraft auf die Erde, weil ihre Masse so ungeheuer groß ist. Im ganzen aber ist die Flutwirkung der Sonne nur etwas über vier Zehntel so groß wie diejenige des Mondes. Selbstverständlich bringt die Sonne ebensolche Erscheinungen hervor wie der Mond, nur daß hier die Periode fast ganz genau sechs Stunden beträgt, da die wechselnde Fortbewegung der Erde in ihrer eigenen Bahn von Tag zu Tag in ihrem Einfluß auf die Gezeiten kaum merkbar ist. Die Sonnen- und die Mondgezeiten kombinieren sich in ihrer Wirkungsweise, und man erkennt, daß die Gesamterrscheinung noch viel komplizierter sein muß als die von jeder schon an sich verwickelten Einzelercheinung. Ihre gemeinsame Wirkung kann man nur durch die Erfahrung feststellen. In einzelnen Fällen ist sie besonders bemerkenswert. Stehen nämlich Sonne, Erde und Mond in gleicher Richtung, so unterstützen sich die Kräfte von Sonne und Mond in ihrer Wirkung auf die irdischen Gewässer, und es entstehen besonders hohe Fluten; die sogenannten Springfluten. Dabei ist es ziemlich gleichgültig, ob die Erde zwischen Sonne und Mond steht, oder ob der Mond zwischen Sonne und Erde steht. Kommen zur Zeit der Springfluten noch andere Einflüsse hinzu, die die Ausbildung eines hohen Flutberges begünstigen, namentlich Stürme, so entstehen die gefürchteten Sturmfluten, die besonders an flachen Küsten, wie sie die Nord- und die Ostsee aufweisen, gefährlich

werden können. Stehen dagegen Sonne, Erde und Mond so, daß ihre Verbindungslinien ein rechtwinkliges Dreieck bilden, so heben sich die Anziehungswirkungen von Mond und Sonne zum Teil auf. Wo der Mond seine Flutberge entwickelt, bringt die Sonne gerade ihre Ebben hervor, und umgekehrt. Die Fluten werden dann nicht besonders ausgeprägt; sie heißen Nippfluten. Man kann sich die Verhältnisse leicht an ein paar Skizzen klar machen, die man sich für die verschiedenen Stellungen von Mond und Sonne nach dem Vorgange unseres letzten Beweises aufzeichnet.

Das Gezeitenphänomen ist also ein Komplex recht verwickelter Erscheinungen, der mit unseren Darstellungen natürlich noch lange nicht alle Umstände erschöpft. Die fortwährend wechselnden Entfernungen der sich umeinander bewegenden Körper und die verschiedene Lage der Bahnebenen von Erde und Mond zur Sonne bringt fortwährend eine andere Ausbildung der Gezeiten zustande. Dabei treten der Hauptsache nach dreierlei Perioden auf, von denen die tägliche in erster Linie von der Höhe des Mondstandes abhängt. Die monatliche ist durch die Stellung des Mondes zur Sonne, und die jährliche durch die Sonneinnähe und Sonnenferne bedingt. Unter Berücksichtigung dieser Erscheinungen und der Erfahrungen durch die Beobachtungen wird für die wichtigsten Häfen eines jeden Landes der Eintritt von Ebbe und Flut alljährlich vorausberechnet und die Höhe des Wassers über Mittelwasser angegeben. Für die Hauptverkehrsadern der Schifffahrt — wie zum Beispiel den Kanal — werden sogar besondere Karten hergestellt, die den mittleren Wasserstand für jede Flutstunde enthalten, so daß der Seemann sich die günstigste Zeit zur Landung aussuchen kann.

Die Lunarisation der Erde

Und schnell und unbegreiflich schnelle
Dreht sich umher der Erde Pracht;
Es wechselt Paradieseshelle
Mit tiefer schauervoller Nacht;
Es schäumt das Meer in breiten Flüssen
Am tiefen Grund der Felsen auf,
Und Fels und Meer wird fortgerissen
In ewig schnelltem Sphärenlauf.

So rollt denn die feste Erde wegen ihrer Achsendrehung unter den Flutbergen dahin. Die Gestaltung der zusammenhängenden Ländermassen aber und der Inseln stellt sich ihnen trotzig und

scheinbar unbefleglich entgegen, so daß die schaumgekrönten Wellen in ungeheurer Brandung an den harten Klüften zu Gischt zerschellen und versprühen. Die Flut schlägt unaufförllich an die Felsen und die Klüften, doch immer wieder bricht sie sich und muß seitlich ausweichen, um Mond und Sonne folgen zu können. Wir werden noch sehen, welche ungeheuren Wassermassen die Fluten als „Boren“ manche Ströme hinaufföhren usw. Kann diese ewige Arbeit des Anschlagens und der Reibung der Flutberge an der Erde wirkungslos verpuffen? — Es wäre das erste Mal, daß uns das begegnete. Wenn sie auch nur in der langsam fließenden Zeit wirken kann, so wirkt sie dennoch. Die tägliche Achsendrehung der Erde wird gehemmt; sie muß langsamer und langsamer werden und schließlich ganz aufhören. Die Flut wirkt wie ein Bremsschuh, der die Umdrehung der Erde verlangsamt, wie die Bremsse das Rollen des gebremsten Rades verlangsamt. Das heißt nichts anderes, als daß die Tageslänge anwachsen muß, denn sie wird ja durch die Umdrehung der Erde um ihre eigene Achse bestimmt. Das Bestreben der Gezeiten geht dahin, die Umdrehung der Erde um die eigene Achse so zu verlangsamen, daß sie gleich einem Umschwung um die Sonne wird, daß also der Erdentag gleich einem Jahre wird. Das erscheint doch für den Bestand des Lebens auf der Erde von erheblicher Bedeutung. Während eine Verkürzung der Tageslänge kaum nennenswerten Einfluß nehmen könnte — das Leben würde sich bald den veränderten Bedingungen anpassen —, wäre das bei einer Verlängerung nicht so ohne weiteres der Fall. Eine Verkürzung kann ja nicht allzu beträchtlich sein, eine Verlängerung dagegen fast beliebig groß. Auch in diesem Falle würde das Leben sich leicht den veränderten Bedingungen anpassen, wenn nicht zu erhebliche Änderungen einträten. Eine Verdoppelung der Tageslänge und eine Verdreifachung dürfte nicht von zu großer Bedeutung sein. Auch eine noch größere Verlängerung der Tagesdauer würde dem Leben noch nicht gefährlich sein. Wohl aber, wenn die Umdrehungszeit der Erde um ihre eigene Achse sich der Grenze näherte, daß sie gleich einem Jahre würde, das heißt daß sie der Sonne immer eine und dieselbe Seite zuehrte (wie etwa der Mond der Erde jetzt schon). Dann würde die der Sonne zugekehrte Seite der Erde durch die unausgesetzte Bestrahlung

so stark erhitzt werden (auf über 100 Grad), daß alles Leben auf ihr erkötet würde. Die andere Seite aber, auf die sich das Leben vielleicht flüchten könnte, wäre der Kälte des Weltraumes ausgesetzt; ihre Temperatur würde also diejenige des Weltraumes werden, das heißt sich dem absoluten Nullpunkte sehr stark annähern (der physikalisch bekanntlich bei 273 Grad unter dem Eispunkte liegt). Unter diesen Umständen wäre auch da ein Leben ausgeschlossen. Und daß sich selbst auf der Grenze von Licht und Schatten, auf der Grenze von Siedehitze und grimmer Kälte kein Leben halten könnte, folgt schon aus der Tatsache, daß ein derartiger Weltkörper keine Atmosphäre halten könnte. Denn die Gase der Atmosphäre würden sich auf der kalten Seite verdichten, weitere Gase herüberziehen, diese ebenfalls verdichten und niedererschlagen, bis die ganze Atmosphäre verschmunden wäre. Auf diesen Umstand hat Arrhenius in bezug auf den Planeten Merkur zuerst aufmerksam gemacht.

Ist es aber möglich, daß die Erde eine Verlängerung ihrer Umdrehungsdauer erfährt? Durchaus! Denn der ewige Meteorfall, der zwar im Verhältnis zur Masse der Erde gering, aber doch nicht ganz zu vernachlässigen ist, vergrößert die Masse der Erde andauernd, und diese muß aus der Energie beschleunigt werden, die die Erde vermöge ihrer Umdrehung besitzt. Die Erddrehung muß sich daher verlangsamten. Arrhenius schätzt diese Zufuhr an Masse durch die Meteoriten pro Jahr auf 20000 Tonnen — Nordenskiöld (wohl viel zu hoch) übrigens auf 10 Millionen Tonnen —. Dazu tritt noch die Zufuhr an Sonnenstaub, der durch die Wirkungen des Strahlungsdruckes von der Sonne her auf die Erde niederfällt, den Arrhenius allerdings auf nur 200 Tonnen pro Jahr schätzt. Diese Massen sind aber gegenüber der Erdmasse von 6100 Trillionen Tonnen nicht ausreichend, um einen wesentlichen Einfluß auf die Dauer des Erdentages auszuüben. Auch der Einfluß der Gezeitenwirkung des Mondes (Ebbe und Flut), der ja immerwährend zwei gewaltige Flutberge von ungeheurer Ausdehnung um die Erde herumwälzt, die als riesige Bremsen wirken, ist nicht groß genug, um nennenswerte Wirkung zu erzielen. Das ersehen wir schon daraus, daß in historischen Zeiten eine Veränderung des Erdentages auch nur um Bruchteile einer Sekunde mit Sicherheit nicht vorhanden ist. Wir können das aus den Nachrichten über die historischen Mond-

finsternisse nachweisen.) Robert Mayer, der Entdecker des Satzes von der Erhaltung der Energie, und der englische Astronom Adams, mit Leverrier der theoretische Entdecker des Planeten Neptun, haben ausgerechnet, in welchem Maße die Umdrehung der Erde durch die Bremswirkung der Gezeiten vermindert wird. Der eine fand 0,0498 Sekunden, der andere 0,01197 Sekunden in 2000 Jahren. Dieser Betrag ist so klein, daß wir ihn bisher durch die Messung nicht nachzuweisen vermochten. Daß eine solche Verzögerung aber vorhanden ist, ist zweifellos, denn irgendwo muß die Bremswirkung wieder zum Vorschein kommen. Rechnet man mit dem kleineren Betrage, so findet man, daß diese Verzögerung in $2000:0,01197 = 200\,000\,000:1197 = 167\,000$ Jahren eine Sekunde beträgt. Soll also die Umdrehungszeit gleich der Umlaufzeit um die Sonne sein, so muß die Verlangsamung um 364 Tage eintreten. Ein Tag hat nun $24 \times 60 \times 60 = 86\,400$ Sekunden, 364 Tage also $86\,400 \times 364 = 31\,449\,600$ Sekunden. Die Verlangsamung um eine Sekunde dauert 167 000 Jahre, die um 31 449 600 Sekunden sovieltmal mehr, das sind rund $5\frac{1}{4}$ Billionen Jahre. Oder legen wir den viermal größeren Betrag zugrunde, so würde dieser Zustand schon nach etwa $1\frac{1}{4}$ Billion Jahren eintreten.

So lange aber spendet die Sonne kaum ihre Wärme und ihr Licht. Bis dahin ist beides bereits so stark geschwächt, daß die Lebewelt schon aus diesem Grunde nicht mehr zu existieren vermöchte.

Was der Erde recht ist, ist jedem anderen Planeten billig. Auch bei ihnen muß dieser Zustand eintreten, wenn auch in noch so langer Zeit. Den Mond kennen wir gar nicht anders. Beim Merkur scheint das ebenfalls schon jetzt der Fall zu sein, bei der Venus sicher nicht, denn dieser Planet besitzt noch eine Atmosphäre, die er schon längst verloren hätte, wenn seine Rotationszeit gleich seiner Umlaufzeit um die Sonne wäre (Seite 58). Tritt also nicht der Fall eines Zusammenstoßes der Sonne mit einem anderen Sterne ein, bei welcher Gelegenheit das ganze System unterginge, so werden die Planeten einer nach dem anderen „lunarisiert“, sie „vermonden“ gewissermaßen. Bevor das aber bei der Erde eintritt, wird, wie wir noch sehen werden, die Sonne ihren Schein verloren und ihre wärmespendende Kraft eingebüßt haben. Alles im Sonnensystem wird tot daliegen

und das System als tote, abgestorbene Welt durch den Welt-
raum fliegen.

Der Prozeß erfährt aber durch andere Umstände wiederum eine Verzögerung. Die Erde kühlt sich ja immer mehr ab, wenn auch sehr langsam, und diese Abkühlung kommt in der Schrumpfung der Oberfläche (Gebirgsbildung) zum Ausdruck. Wie ein schrumpfender Apfel kleiner wird, so auch die Erde. Durch die Massenzufuhr von außen wird die Erde vergrößert, durch die Schrumpfung verkleinert, der Wirkung der Massenzufuhr wie auch der Gezeitenwirkung wirkt die Schrumpfung also entgegen und zieht daher den Vorgang der Rotationsverzögerung immer weiter hinaus. Auch von der Seite droht also dem Erdenleben auf absehbare Zeiten keine Gefahr.

Tiden auch der festen Erde?

Das Meer gibt dem Zuge der Sonnen- und Mondanziehung so vollkommen nach, wie das unter den herrschenden Umständen nur möglich ist. Tut das vielleicht auch das Land? Die Frage ist sehr leicht zu beantworten, und zwar aus der Erwägung heraus, daß keine Bewegung des Meereswassers stattfindet, wenn das Land in gleicher Weise auf Sonnen- und Mondanziehung reagierte; denn dann wäre es an der Grenze von Wasser und Land ja ganz gleichgültig, welcher Stoff von beiden vorhanden ist, die Gezeiten würden ohne Unterbrechung ineinander übergehen und wir würden alle die Störungen nicht haben, die sich zeigen, also Gezeitenbrandung, die nachher noch zu besprechende Erscheinung der „Bore“ usw. Dann wäre die Hafenzeit überflüssig. Das Festland gibt also nicht so willig nach wie das Wasser des freien Ozeans. Wir würden's ja sonst auch bald merken, und die Binnengewässer, besonders die großen, müßten auch daran teilnehmen.

Das Festland ist also absolut starr? Diese Frage setzt der Beantwortung große Schwierigkeiten entgegen. Lord Kelvin hat sich ausgiebig damit beschäftigt. Nahm er für das Festland und die sonstige Erde die Starrheit des Glases an, so kam er zu dem Ergebnis, daß die Fluthöhe nur zwei Fünftel derjenigen erreichen würde, wie wenn die Erde völlig starr und unnachgiebig wäre; bei der Starrheit von Stahl kam er zu zwei Dritteln derjenigen einer völlig unelastischen Erde. Auch den Astro-

nomen George Howard Darwin, des großen Charles Darwin bedeutender Sohn, eine Autorität auf diesem Gebiete, haben diese Probleme noch weitergehend beschäftigt und ihn zu Folgerungen geführt, die sich mit Lord Kelvins decken. Wäre die Erde wirklich vollkommen unnachgiebig, so würde die Fluthöhe des Meeres jedenfalls erheblich höher sein, als sie wirklich ist, und zwar etwa doppelt so groß. Völlig starr ist also die Erde nicht, sondern sie gibt etwas nach. Das ergab sich auch aus den schon erwähnten Hecker'schen Untersuchungen. Professor Hecker war bis vor kurzem Vorsteher der Erdbebenstation des Königlich Preussischen Geodätischen Instituts in Potsdam. Er hat in einem tiefen Brunnenschacht mit ähnlichen Instrumenten, wie sie für die Erdbebenregistrierung gebraucht werden (Horizontalpendel) umfangreiche und jahrelange Messungen der Bewegung der Lotlinie angestellt, aus denen man ja auf die Veränderungen der Erdgestalt schließen kann. Dabei sind auch mannigfache andere Einflüsse mitstudiert worden, zum Beispiel Massenbewegungen auf der Erdoberfläche, wie sie die Wanderungen der Luftdruckgebiete darstellen, die wir als Gebiete höheren und niederen Luftdruckes (Maxima und Minima) kennen. Es gibt auf der Erde zahlreiche Sorten solcher Bewegungen, die sich alle dadurch kennzeichnen, daß sie ganz unregelmäßig erfolgen. Dahin gehören neben den Luftdruckwanderungen die menschlichen Massentransporte, die menschlichen Wanderungen selbst, die der Tiere, die jedoch gegen die natürlichen klein bleiben, als da sind die Wasser- und Stofftransporte der Flüsse und Ströme, die Windbewegungen, die Stofftransporte durch Vulkanausbrüche, die Gletscher- und Polareiswanderungen, die Meeresströmungen usw. Alle diese Massenbewegungen gleichen sich jedoch für die Erde ungefähr aus; der übrig bleibende Rest mag in den sogenannten Polschwankungen zum Ausdruck kommen, die vielleicht aber auch zum Teile herrühren von den Ungleichheiten der Tiden.

Periodische Änderungen aber, wie zum Beispiel die Gezeitenbewegungen des Meeres, müssen einen Einfluß auf die Lotlinie äußern. Für Potsdam liegt dieser Einfluß allerdings unterhalb der Grenzen der Beobachtungsmöglichkeit. Das Potsdam zunächst gelegene Meer ist die Nordsee. Das Steigen derselben um 1 Meter Wasserhöhe würde die Lotrichtung in Potsdam um 0,0006 Bogensekunden ändern. Dieser Winkelbetrag ist